

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD

Tabulov Truta Marko

Zagreb, 2010.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD

Voditelj rada:

Dr. sc. Aleksandar Sušić, docent

Tabulov Truta Marko

Zagreb, 2010.

OPIS ZADATKA:

*Izjavljujem da sam ja – student Marko Tabulov Truta, matični broj 0035161915, radio
ovaj rad*

*samostalno koristeći se znanjem stečenim tijekom obrazovanja, te uz stručnu pomoć
i vođenje*

dr.sc. Aleksandra Sušića bez čije nesebične pomoći i

korisnih savjeta te podataka ne bi ni mogao izraditi ovaj rad.

SADRŽAJ

SAŽETAK.....	I
POPIS SLIKA, TABLICA I DIJAGRAMA.....	II
POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA.....	IV
1. UVOD.....	1
1.1. UKRATKO O MANUALNOM RUKOVANJU TERETIMA.....	2
1.1.1. Mišićno - koštani poremećaji.....	4
2. TIJEK ANALIZE.....	7
2.1. POSTUPAK UTVRĐIVANJA.....	8
2.2. IZRAČUN SEGMENTALNIH MASA.....	9
2.2. ŽIČANI MODELI.....	11
2.3.1. Žičani modeli nošenja tereta manjih dimenzija.....	11
2.3.2. Žičani modeli nošenja tereta većih dimenzija.....	19
3. REZULTATI ANALIZE.....	29
3.1.. DUŽINA KORAKA U OVISNOSTI DIMENZIJA I MASA KORAKA.....	29
3.2. UDALJENOST ZAJEDNIČKOG TEŽIŠTA DO PETE PREDNJE NOGE KAO OSLONCA.....	31
3.3. IZRAČUN GRANIČNE MASE TERETA.....	33
3.4. INTRAABDOMINALNI TLAK I LUBALNI MOMENT.....	36
4. ZAKLJUČAK.....	41
5. LITERATURA.....	42

SAŽETAK

U ovom završnom radu obrađena je tema utjecaja svojstava tereta na uvjete manualnog rukovanja teretima.

Temelj ove analize su žičani modeli, koji su napravljeni na osnovi snimke nošenja tereta različitih dimenzija i različitih masa. Za analizu upotrijebljene su kutije dimenzija 57x57x53 cm i 26x34x31 cm te im je povećavana masa od početnih 10 kg do 40 kg, za po 10 kg.

Također je provedena biomehanička analiza s ciljem utvrđivanja utjecaja svojstava tereta na kretanje čovjeka.

Utvrđeno je da je povećanjem mase tereta dužina koraka sve kraća te da je hod nestabilniji. Bitnu ulogu imaju i dimenzije tereta koje izravno utječu na udaljenost od težišta tereta do težišta tijela a time udaljuju i zajedničko težište tijela i tereta od težišta tijela te otežavaju nošenje tereta i prisiljavaju čovjeka na što pravilniji, tj. ergonomski stav.

Neergonomskim rukovanjem dolazi do dodatnog, nepotrebnog opterećenja tijela, tj. povećava se lumbalni moment koji izravno djeluje na slabinski dio kralježnice te se povećava rizik koji na kraju dovodi do ozljeda.

POPIS SLIKA, TABLICA I DIJAGRAMA

Slika 1. Mala kutija_10kg_položaj 1	11
Slika 2. Mala kutija_10kg_položaj 2.....	12
Slika 3. Mala kutija_20kg_položaj 1.....	13
Slika 4. Mala kutija_20kg_položaj 2.....	14
Slika 5. Mala kutija_30kg_položaj 1.....	15
Slika 6. Mala kutija_30kg_položaj 2.....	16
Slika 7. Mala kutija_40kg_ položaj 1.....	17
Slika 8. Mala kutija_40kg_ položaj 2.....	18
Slika 9. Velika kutija_10kg_ položaj 1.....	19
Slika 10. Velika kutija_10kg_ položaj 2.....	20
Slika 11. Velika kutija_20kg_ položaj 1.....	21
Slika 12. Velika kutija_20kg_ položaj 2.....	22
Slika 13. Velika kutija_30kg_ položaj 1.....	23
Slika 14. Velika kutija_30kg_ položaj 2.....	24
Slika 15. Velika kutija_30kg_ položaj 3.....	25
Slika 16. Velika kutija_40kg_ položaj 1.....	26
Slika 17. Velika kutija_40kg_ položaj 2.....	27
Slika 18. Velika kutija_40kg_ položaj 3.....	28
Slika 19. Vektor rezultantne težine tijela i tereta u odnosu na ZS.....	33
Slika 20. Dvodimenzijски model ispitanika.....	36
Slika 21. Prikaz intraabdominalnog tlaka kod čovjeka koji diže teret.....	38

Tablica 1. Regresijski faktori za muškarce prema Donskom i Zacijorskom.....	9
Tablica 2. Segmentalne mase.....	10
Dijagram 1. Dužina koraka_velika kutija.....	29
Dijagram 2. Dužina koraka_mala kutija.....	30
Dijagram 3. Udaljenost zajedničkog težišta do pete prednje noge kao oslonca_velika kutija.....	31
Dijagram 4. Udaljenost zajedničkog težišta do pete prednje noge kao oslonca_mala kutija.....	31
Dijagram 5. Lumbalni moment_velika kutija.....	37
Dijagram 6. Lumbalni moment_mala kutija.....	37
Dijagram 7. Intraabdominalni tlak_velika kutija.....	39
Dijagram 8. Intraabdominalni tlak_mala kutija.....	39

POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA

OZNAKA	JEDINICA	ZNAČENJE
B₀, B₁, B₂		regresijski faktori
G_{č+T}	N	rezultantna težina tijela i tereta
G_č	N	težina tijela
G_T	N	težina tereta
h	cm	stojeća visina subjekta
x₁	cm	udaljenost težine tijela G _č do rezultantne težine G _{č+T}
x₂	cm	udaljenost težine tijela G _č do rezultantne težine G _{č+T}
g	m/s ²	ubrzanje Zemljine sile teže
l	cm	udaljenost težine tijela G _č do težine tereta G _T
ZS	cm	zona stabilnosti
m_č	kg	masa tijela
m_t	kg	masa tereta
L4, L5		četvrti i peti slabinski kralješci
M_L	Nm	lumbalni moment
F_L	N	lumbalna sila
p_{abd}, IAT	Pa	intraabdominalni tlak

1. UVOD

Što je manualno rukovanje teretima?

Manualno rukovanje teretom podrazumjeva svaki transport ili podupiranje tereta od strane jednog ili više radnika, a što uključuje dizanje, odlaganje, guranje, vučenje, prijenos ili pomicanje tereta, koji radi svojih značajnosti ili radi nepravilnih ergonomske uvjeta predstavlja opasnost prije svega za oštećenje leđa radnika [2].

Tokom života, prilikom obavljanja raznih poslova susretao sam se sa raznim teretima, kako malih i velikih dimenzija tako i malih i velikih masa, koje naposljetku što zbog velikih dimenzija što zbog velikih masa nisam uspio sam nositi te mi je bila potrebna pomoć druge osobe.

U razgovoru sa starijim ljudima i gledanjem drugih kako obavljaju neki posao prenošenja uočio sam razne tehnike nošenja te me navelo na razmišljanje postoji li 'prava tehnika' kojom bih manje umarao svoje tijelo te naposljetku bio učinkovitiji u poslu kojeg obavljam.

U mojoj okolini postoji mnogo ljudi sa ozljedama leđa koje su zadobili na radnom mjestu ili u vlastitom kućanstvu prenoseći razne terete.

Stoga sam odabrao ovu temu kako bih pokazao sebi (i čitatelju) pravilniji način nošenja tereta, uzroke nastanka ozljeda te kako bih pokušao smanjiti rizik njihova nastanka.

1.1. UKRATKO O MANUALNOM RUKOVANJU

TERETIMA

Manualno rukovanje teretima u Republici Hrvatskoj nije potpuno pokriveno odgovarajućim podzakonskim propisima osim što poslovi manualnog rukovanja teretima spadaju u poslove s posebnim uvjetima rada te je Pravilnikom o poslovima s posebnim uvjetima rada utvrđeno da se takvima trebaju smatrati oni poslovi pri kojima muškarci dižu terete teže od 25 kg a žene terete teže od 15 kg (dob radnika nije propisana) [1]. Prema Pravilniku o poslovima na kojima ne smije raditi žena koji je donesen na temelju odredaba Zakona o radu utvrđeno je da žena ne smije raditi na poslovima koji zahtijevaju teško fizičko naprezanje (poslovi koji zahtijevaju ručno dizanje ili nošenje tereta težih od 15 kg) [1].

Ručno rukovanje teretima još je uvijek vrlo često prisutno pri izvođenju mnogih radnih zadataka u našim poduzećima. Pri ovim radovima prisutna su velika statička i dinamička opterećenja i naprezanja koja se mogu klasificirati kao teški tjelesni rad. Radno opterećenje je skup različitih utjecaja koji u sistemu rada djeluje na ljude. Radno naprezanje je individualno djelovanje radnog opterećenja u čovjeku ovisno o njegovim osobinama i sposobnostima.

Opterećenje dizanjem i nošenjem tereta vodi do naprezanja mišično- koščanog-vezivnog sustava i srčano-krvožilnog sustava. Veličina opterećenja u ovom slučaju pri ručnom rukovanju s teretima ovisi o individualnim mišićnim snagama i o snazi srčano-krvožilnog sustava čovjeka. Budući da djelovanja radnog opterećenja ovise o sposobnosti za učinak i o osobinama čovjeka, radno naprezanje kod jednakog radnog opterećenja biti će, dakle, različito od čovjeka do čovjeka. Kod radnika s manjom sposobnošću za učinak, objektivno jednako opterećenje, dovodi do većeg naprezanja nego li kod radnika s većom sposobnošću za radni učinak.

Radni umor je takvo stanje učinka koje je nastalo zbog radnog opterećenja određenog po veličini, vrsti i trajanju te zbog radnog naprezanja koje je proizašlo iz tog opterećenja i koje se odmorom može ponovno neutralizirati [1].

Problemi koji nastaju nisu samo preopterećenje mišića već sigurno problemi trošenja i ozljeda leđa posebno lumbalnih intervertebralnih diskova.

Prije manualnog rukovanja potrebno je imati podatke o:

- težini tereta,
- središtu težišta na najtežoj strani, ako je teret ekscentrično složen
- o rizicima, kojima bi mogli biti izloženi pri ovim radovima.

Činitelji, koje je potrebno uvažavati pri ocjeni rizika za sigurnost i zdravlje radnika pri ručnom rukovanju teretom, posebno za oštećenja leđa su:

1. Značajnosti tereta

- njegova težina, oblik i dimenzije,
- položaj hvatišta,
- položaj težišta,
- mogućnost nehotimičnog i nepredviđenog pomicanja.

2. Opterećenje radnika:

- potrebno držanje ili gibanje tijela, posebno rotacija trupa u predjelu kralježnice i držanje u naklonu - sagnutom položaju,
- udaljenost tereta od tijela radnika,
- vodoravna i/ili vertikalna razdaljina, na kojoj je potrebno premješati teret,
- intenzivnost i trajanje potrebne tjelesne sile,
- uporaba odgovarajuće osobne zaštitne opreme,
- prisilni ritam rada, na koji radnik ne može utjecati,
- raspoloživo vrijeme za odmor ili mirovanje.

3. Utjecaj radnog okoliša:

- prostor, koji je na raspolaganju radniku, posebno u vertikalnom smjeru,
- visinska razlika između pojedinih nivoa hodanja, primanja i odlaganja,
- temperatura, vlažnost i brzina kretanja zraka u prostoru,
- osvijetljenost radnog mjesta,
- vrsta podne površine,
- svojstva radne odjeće i obuće.

Povoljni uvjeti pri rukovanju teretima :

- držanje tijela pri rukovanju teretima mora biti ergonomski primjerena,
- prostor za kretanje i hodanje mora biti dovoljno velik, nezakrčen i slobodan, pod ravan i neklizav,
- osvijetljenost radnog mjesta primjerena,
- teret mora imati primjereno hvatište.

1.1.1. Mišićno - koštani poremećaji

Mišićno-koštani poremećaji predstavljaju grupu poremećaja povezanih s kostima, mišićima, tetivama i živcima . Radnje na poslu koje se učestalo i uvijek iznova obavljaju ili radnje koje zahtijevaju nelagodne pozicije uzrokuju poremećaje koji mogu biti bolni tijekom rada ili odmora. Mišićno-koštani poremećaji zahvaćaju ruke, zglobove, ramena, laktove, vrat, noge stopala, kukove, ... [4]. Neki problemi leđa također mogu biti posljedica učestalih radnji.

Kako nastaju mišićno-koštani poremećaji?

Mišićno-koštani poremećaji povezani uz posao ne nastaju kao posljedica jedne nesreće ili ozljede. Češće se pojavljuju postepeno kao rezultat učestalih trauma [4]. Prekomjerno istezanje mišića i tetiva može izazvati ozljede koje traju kratkotrajno, ali učestalo istezanje koje uzrokuje upalu tkiva dovode do dugotrajnih povreda ili mišićno-koštanih poremećaja [4].

Mišićno-koštanih poremećaji uključuju tri vrste povreda:

- ozljeda mišića,
- ozljeda tetiva,
- ozljeda živaca.

1. Ozljeda mišića

Kada se mišići stežu koriste kemijsku energiju iz šećera i proizvode mliječnu kiselinu koja se uklanja krvlju. Stezanje mišića koje dugo traje smanjuje protok krvi. Posljedica toga je da se stvorena kiselina ne uklanja dovoljno brzo i nakuplja se. Nakupine kiseline iritiraju mišiće i uzrokuju bol. Ozbiljnost boli ovisi o trajanju stezanja mišića i razmaku između aktivnosti koji se koristi za uklanjanje kiseline.

2. Ozljeda tetiva

Kada je tetiva upaljena ovojnica se može napuniti s tekućinom za podmazivanje i nateći te uzrokovati kvržicu ispod kože. Tetive bez ovojnice su osjetljive na pokrete koji se ponavljaju i nelagodne položaje. Kada je tetiva učestalo upaljena može doći do kidanja vlakana. Tetiva postane zadebljana i kvrgava te uzrokuje upalu. U nekim slučajevima, kao kod ramena, tetive prolaze kroz uzak prostor između kostiju. Vrećica, zvana bursa, koja je napunjena tekućinom za podmazivanje se nalazi između tetiva i kostiju i služi za smanjenje trenja. Kada tetive postanu zadebljane i kvrgave zbog prevelikog trenja bursa se upali. Ta pojava se naziva bursitis.

3. Ozljeda živaca

Živci prenose impulse od mozga kako bi se kontrolirale aktivnosti u mišićima. Prenose informacije o temperaturi, boli i dodiru iz tijela u mozak i kontroliraju tjelesne funkcije, kao znojenje i slinu. Živci su okruženi mišićima, tetivama i ligamentima. Kod pokreta koji se ponavljaju i nelagodnih položaja tkivo oko živaca otekne i pritišće živac. Pritisak na živac uzrokuje slabost u mišićima, osjećaj probadanja i umrtvljenost. Moguća je pojava suhe kože i loše cirkulacije u ekstremitetima.

Uzroci:

- učestalo dizanje teških tereta,
- saginjanje i okretanje,
- prečesto ponavljanje iste aktivnosti,
- neudoban radni položaj,
- upotreba pretjerane sile,
- predugi rad bez prekida,
- primjena sile u statičkom položaju znatno vrijeme,
- nepovoljno radno okruženje (toplo, hladno),
- psihosocijalni faktori (preveliki zahtjevi, pritisak),
- nedovoljno brzo liječenje nastalih poremećaja .

Simptomi:

- ukočenost, vrućica ili trnci,
- nadraženost, bol ili osjetljivost,
- bol, bolno podrhtavanje ili otečenost,
- napetost ili ukočenost,
- slabost ili hladnoća.

2. TIJEK ANALIZE

U svrhu utvrđivanja utjecaja svojstava tereta na uvjete manualnog rukovanja teretima, provedeno je snimanje podizanja, nošenja te spuštanja tereta različitih dimenzija i različitih masa.

Manualno rukovanje teretima obavljeno je 'spontano', tj. neergonomski kako bih još bolje ukazao na opasnosti koje su prisutne prilikom manualnog rukovanja.

Za daljnji tijek rada uzeto je 'nošenje tereta' kao glavni element analize.

Kao ispitni uzorci korištene su dvije kutije različitih dimenzija:

- 'velika kutija' (57x57x53 cm),
- mala kutija (26x34x31 cm).

Tokom snimanja povećavane su mase kutija za po 10 kg, od početnih 10 kg do krajnjih 40 kg.

Rukovanje teretom izvođeno je u idealnim vremenskim uvjetima (bez vjetra i pri sobnoj temperaturi) dok je snimanje, u nedostatku kvalitetne opreme (prostor te oprema na Kineziološkom fakultetu nisu bile u funkciji), obavljeno 'običnim' fotoaparatom sa mogućnošću snimanja video zapisa (model sony W320-30 fps).

Radi lakše izrade žičanih modela, tokom nošenja tereta, na pod je postavljen papir dužine 200 cm sa označenim udaljenostima od po 10 cm.

Snimanje je obavljeno sa udaljenosti od 5 m, a fotoaparat se nalazio na stalku visine 1 m.

2.1. POSTUPAK UTVRĐIVANJA

Iz žičanih modela izrađenih u programu AutoCAD, na osnovi slika 'izvučenih' iz video snimke, jednostavnim očitanjem došao sam do koordinata segmentalnih masa.

Uvrštavanjem potrebnih koordinata i segmentalnih masa u formule $x_T = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$ i $y_T = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$, izračunao sam koordinate težišta samog tijela te koordinate zajedničkog težišta tijela i tereta.

U daljnjem radu, za potrebe analize, izvršio sam utvrđivanje segmentalnih masa te sam analizirao dužinu koraka u ovisnosti dimenzija i masa tereta čiju sam dužinu također očitao iz žičanih modela.

Na osnovi analiziranih masa, od 10 kg do 40 kg, očitane dužine koraka te udaljenosti zajedničkog težišta tijela i tereta do težišta tijela izračunao sam graničnu, tj. najveću masu tereta obiju kutija koju bih ja, kao ispitanik, mogao nositi te analizirao utjecaj povećanja opterećenja na slabinsku kralježnicu koji se očituje kroz intraabdominalni tlak i lumbalni moment.

2.2. UTVRĐIVANJE SEGMENTALNIH MASA

Jedna od suvremenih metoda za određivanja raspodjela masa i dinamičkih značajki segmenata jest metoda Donskog i Zacijorskog. Ova je metoda utvrđena na 100 muških i 100 ženskih subjekata, a temeljila se je na procjeni volumena utvrđenog radioizotopnom metodom. Iz statističke obrade tako utvrđenih rezultata autori su za svaki segmentalni dio definirali pravce regresije i odatle utvrdili odgovarajuće koeficijente putem kojih se mogu računati željene mase. Mase se segmenta prema njima računaju putem slijedeće regresijske jednadžbe:

$$m_i = B_0 + B_1 \cdot M + B_2 \cdot h, \text{ kg} \quad [5]$$

SEGMENT	B ₀	B ₁	B ₂
Stopalo	-0,829	0,0077	0,0073
Potkoljenica	-1,592	0,031616	0,0121
Natkoljenica	-2,649	0,1436	0,0137
Šaka	-0,1165	0,0036	0,00175
Podlaktica	0,3185	0,01445	-0,00114
Nadlaktica	0,25	0,03012	-0,0027
Glava	1,296	0,0171	0,0143
Gornji trup	8,2144	0,1862	-0,058
Srednji trup	7,181	0,2234	-0,0663
Donji trup	-7,498	0,0976	0,04896

Tablica 1. Regresijski faktori za muškarce prema Donskom i Zacijorskom [5]

Gdje su B_0 , B_1 , B_2 regresijski faktori izračunati statističkim metodama iz provedenih mjerenja na spomenutih 100 subjekata kako za muškarce tako i za žene, M ukupna masa tijela subjekta, h je stojeća visina subjekta u cm, a m_i masa analiziranog segmenta.

SEGMENT	Stopalo	Potkoljenica	Natkoljenica	Šaka	Podlaktica
MASA (kg)	1,1614	3,6959	12,0641	0,50975	1,33813
SEGMENT	Nadlaktica	Glava	Gornji trup	Srednji trup	Donji trup
MASA (kg)	2,3161	5,3664	13,427	14,0371	9,75768

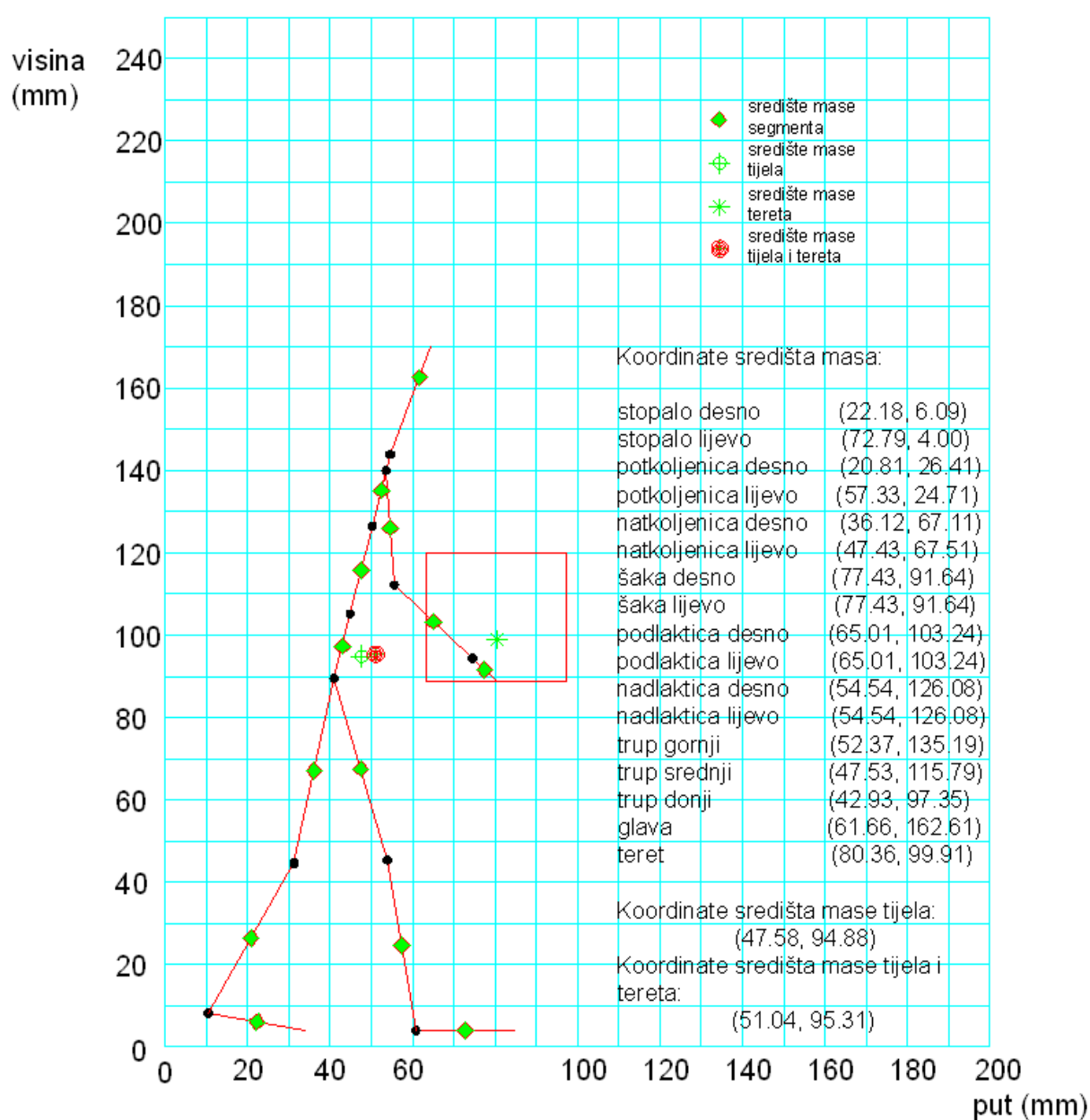
Tablica 2. Segmentalne mase

2.3. ŽIČANI MODELI

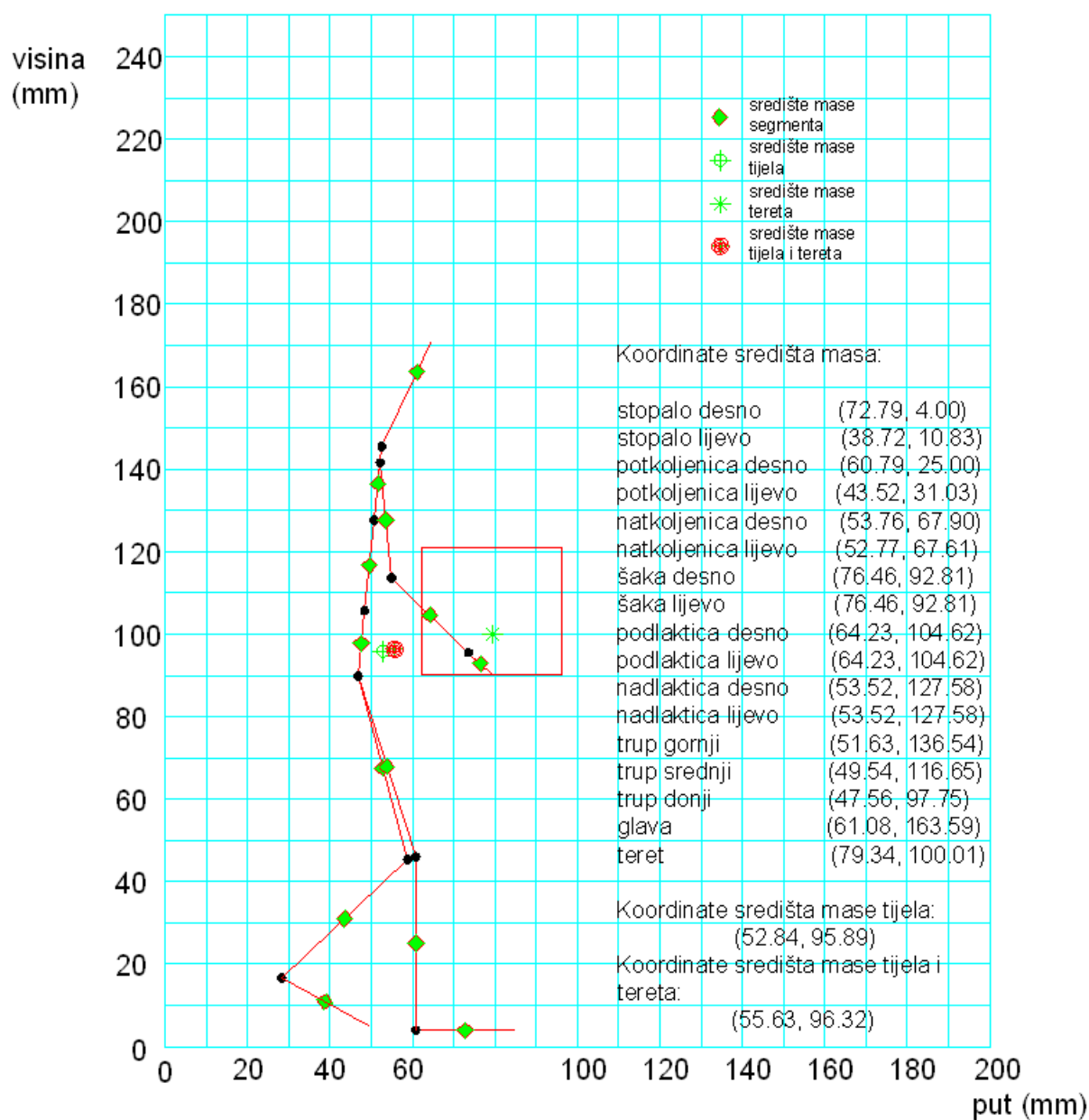
Na osnovi snimke nošenja tereta različitih dimenzija i masa izrađeni su žičani modeli.

NAPOMENA: postoji mogućnost razlike žičanih modela sa stvarnim izvođenjem zadatka zbog loše kvalitete snimke i nedostatka kvalitetne opreme za snimanje pokreta.

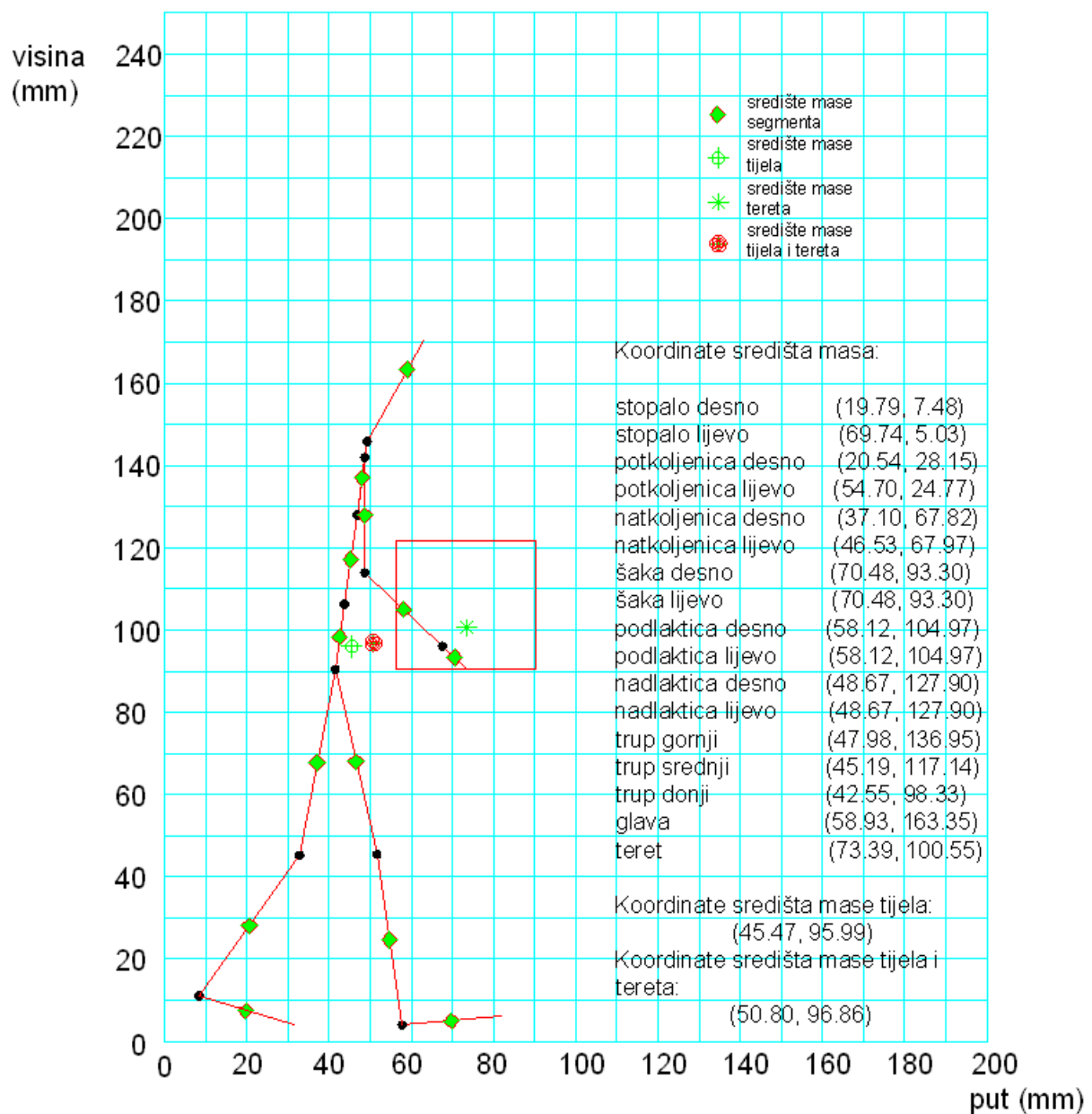
2.3.1. Žičani modeli nošenja tereta manjih dimenzija



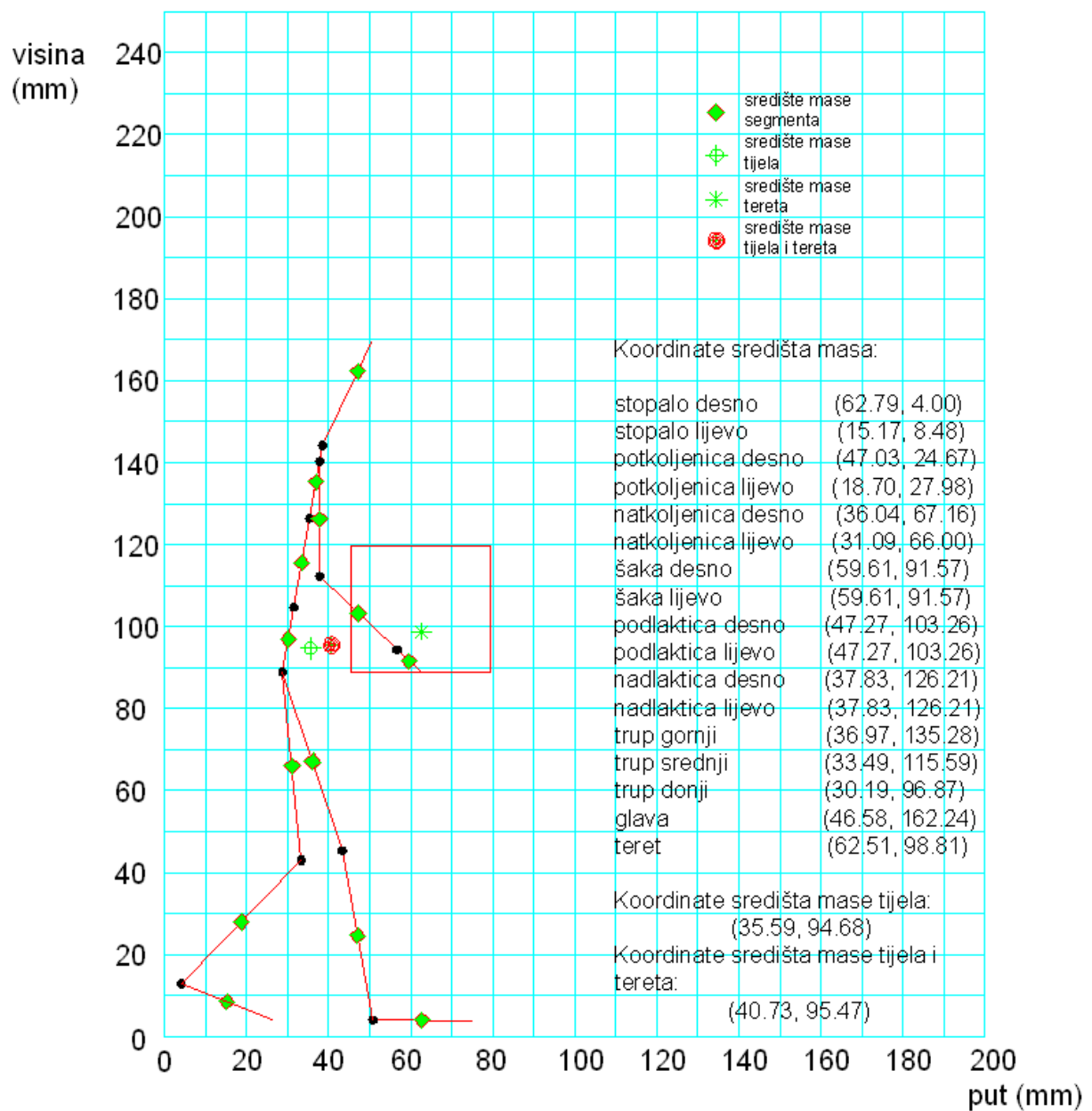
Slika 1. Mala kutija_10kg_položaj 1



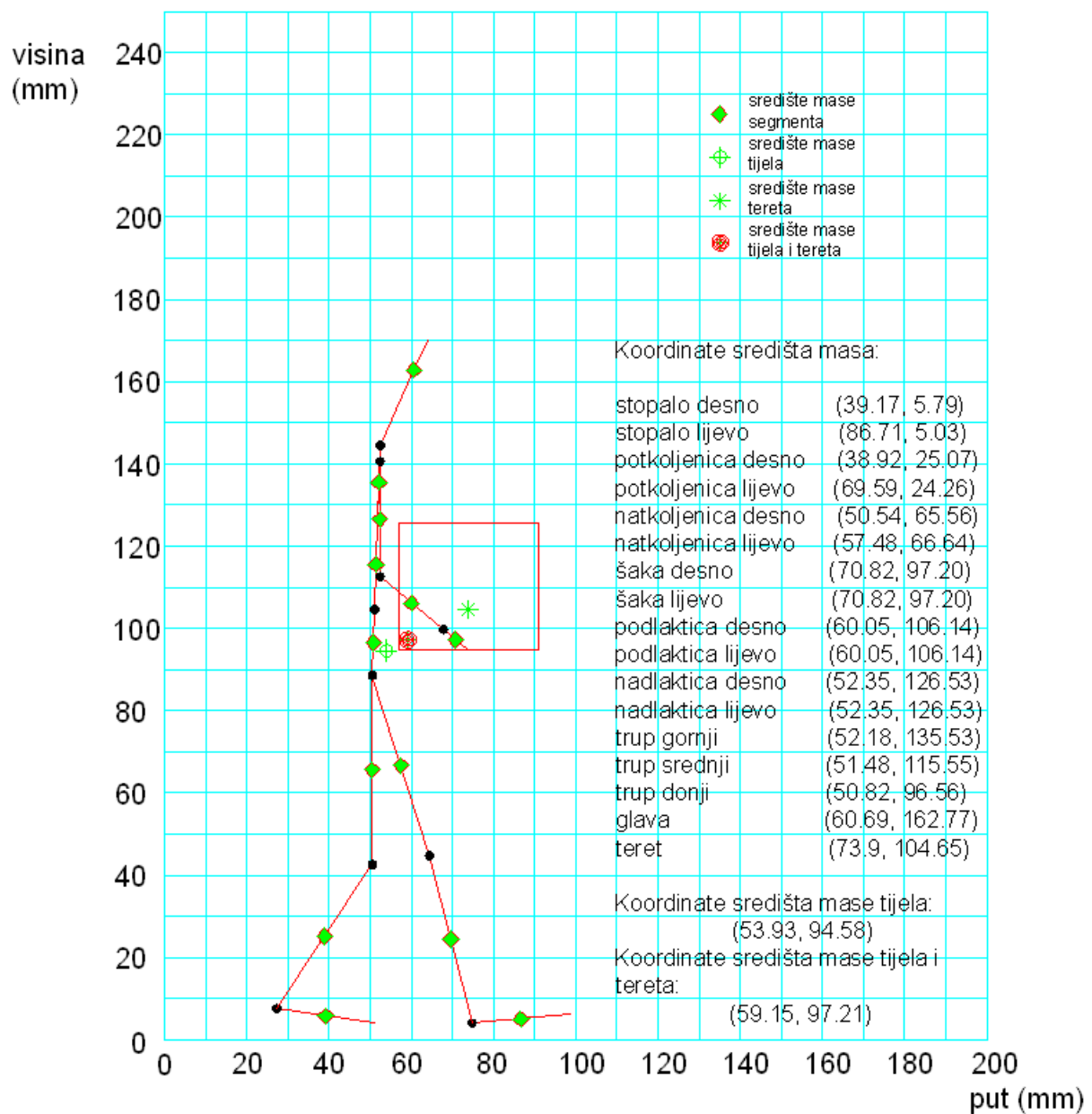
Slika 2. Mala kutija_10kg_položaj 2



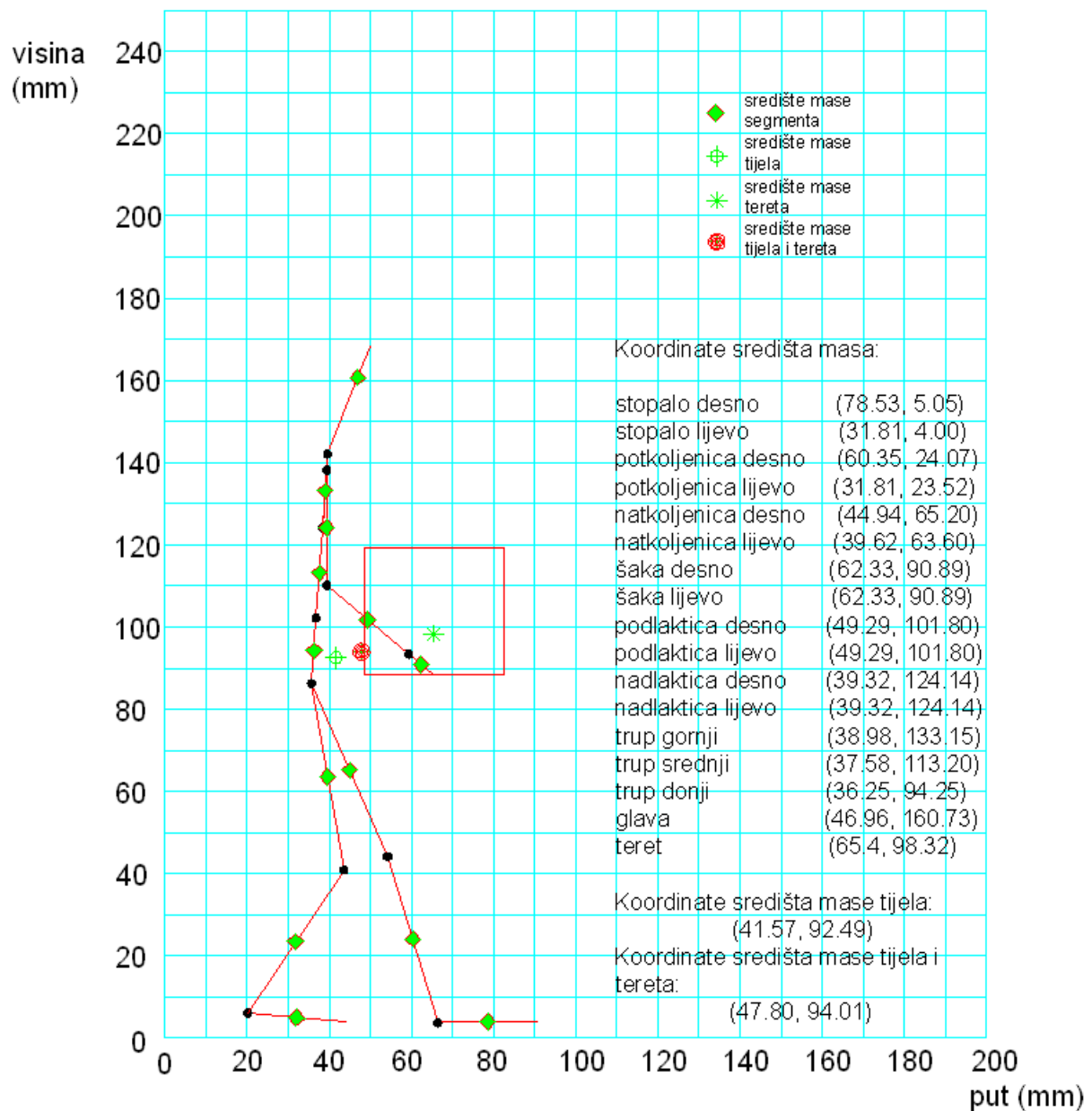
Slika 3. Mala kutija_20kg_položaj 1



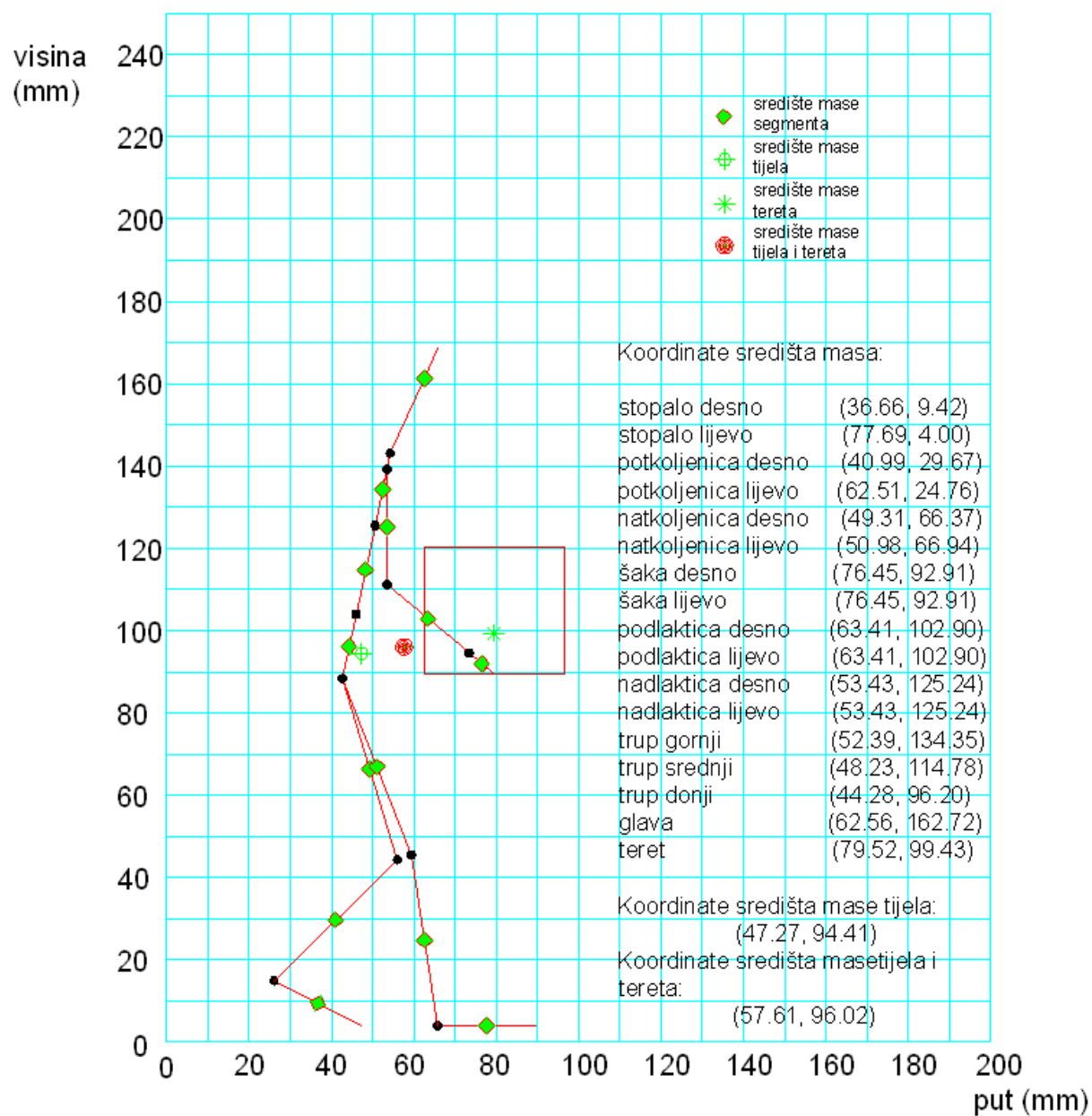
Slika 4. Mala kutija_20kg_položaj 2



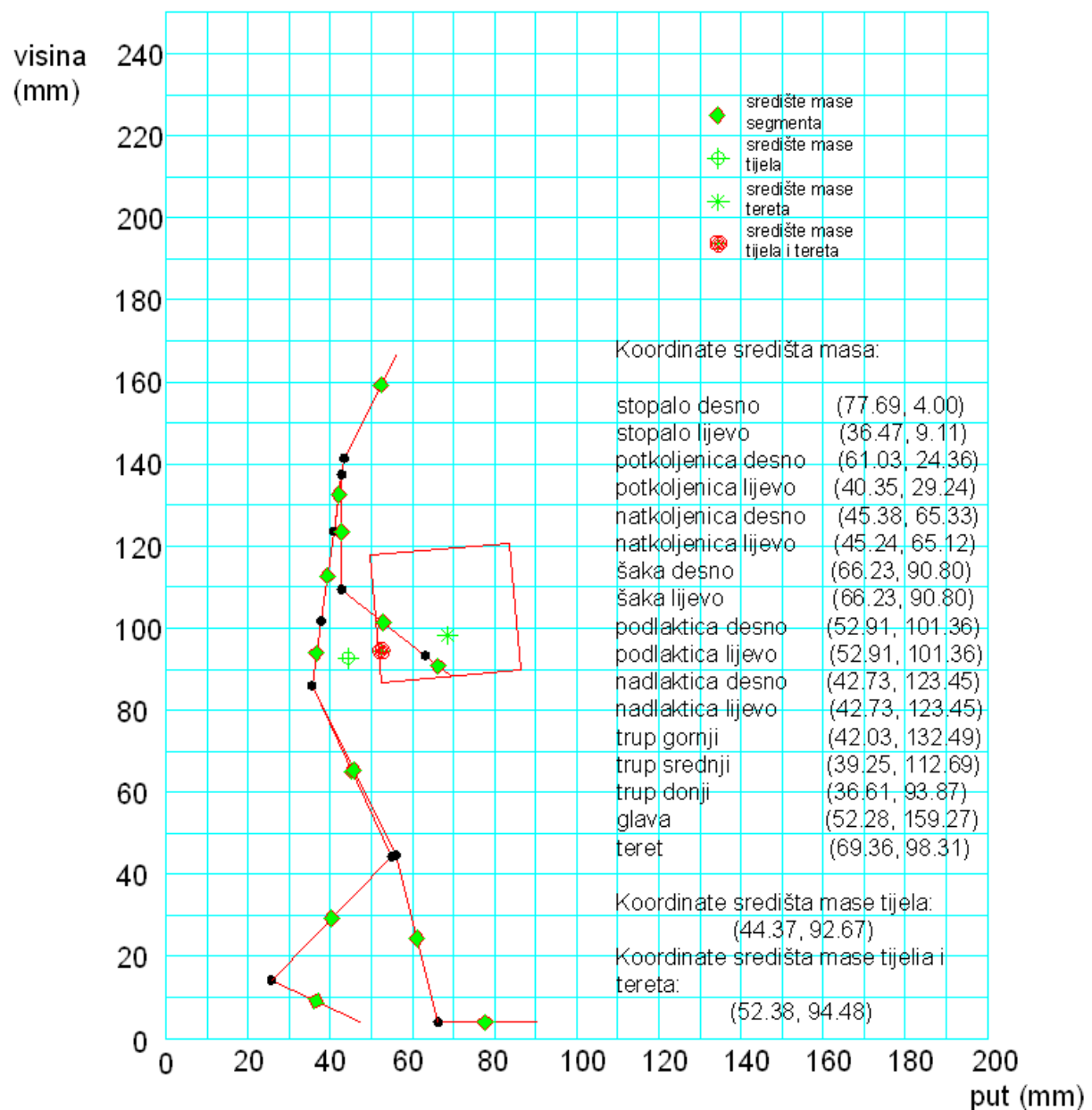
Slika 5. Mala kutija_30kg_položaj 1



Slika 6. Mala kutija_30kg_položaj 2

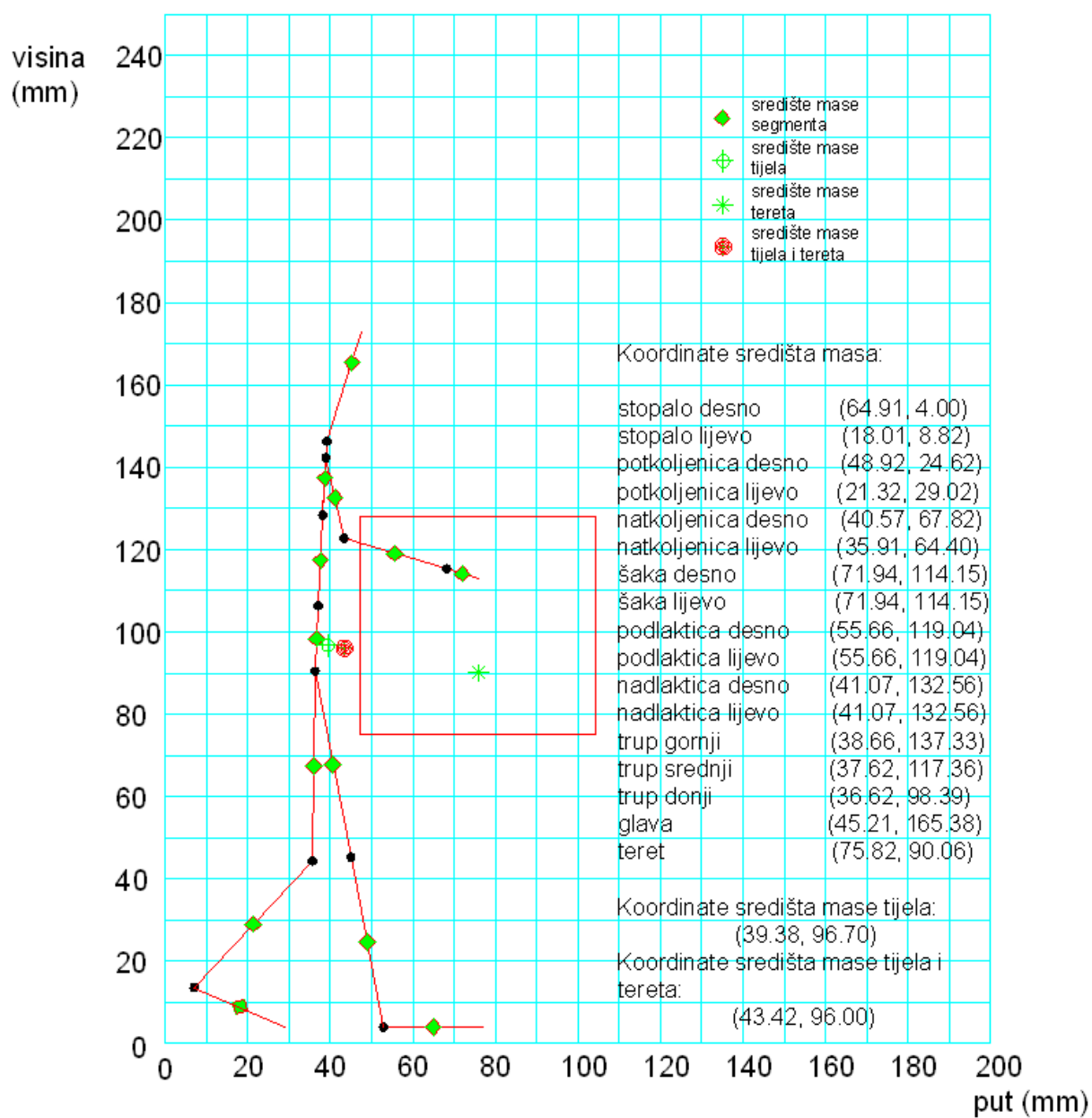


Slika 7. Mala kutija_40kg_ položaj 1

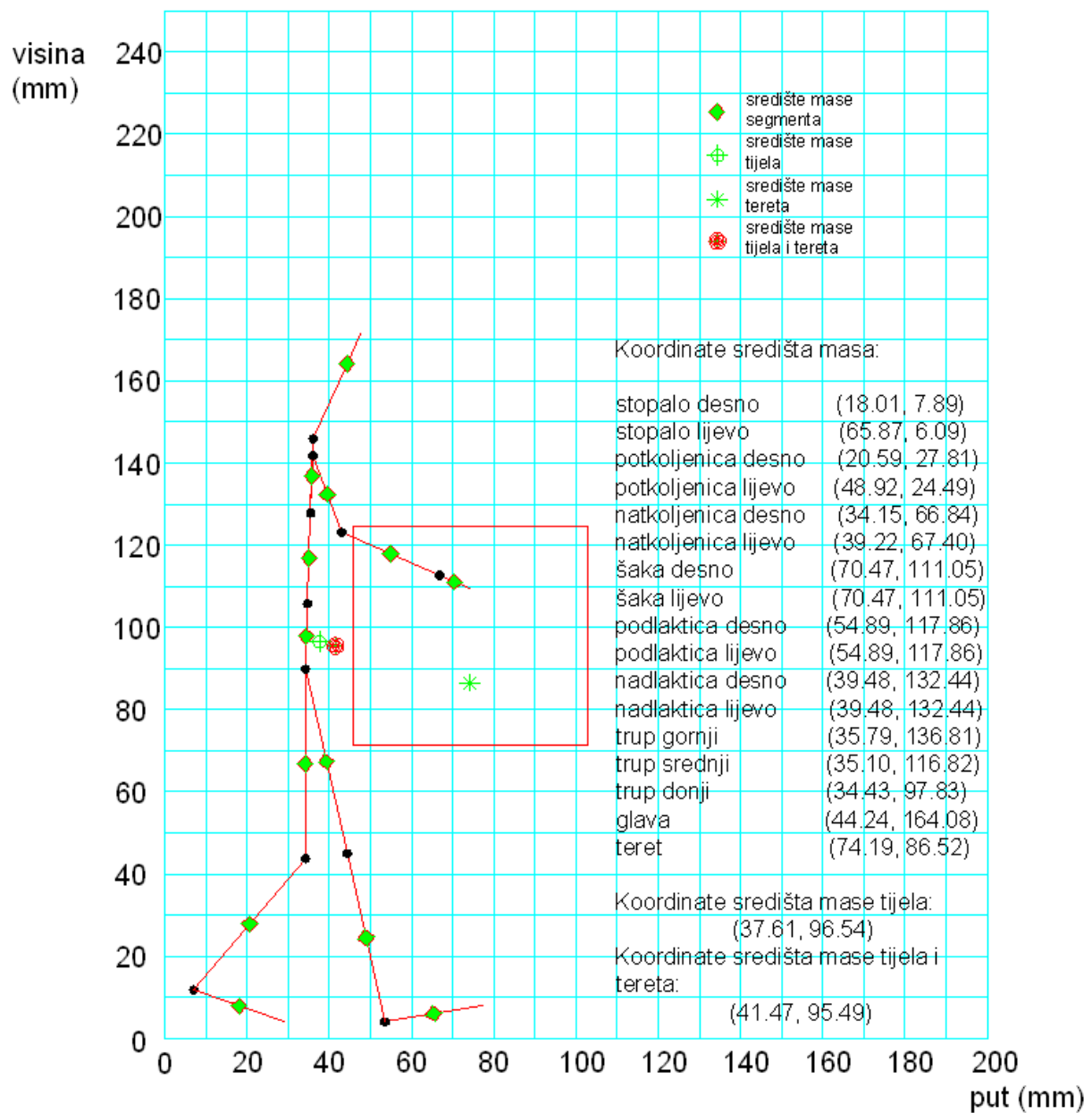


Slika 8. Mala kutija_40kg_ položaj 2

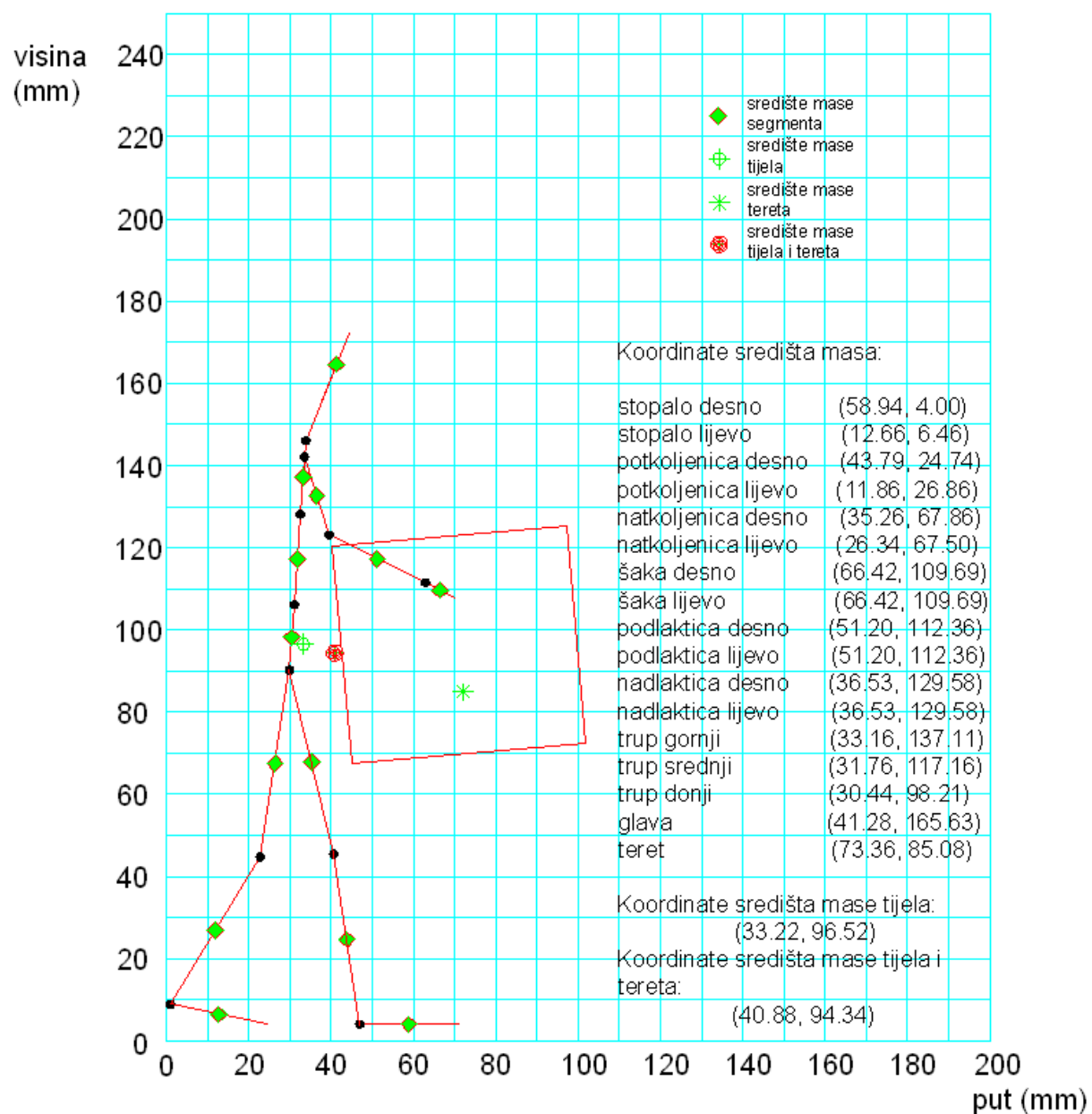
2.3.2. Žičani modeli nošenja tereta većih dimenzija



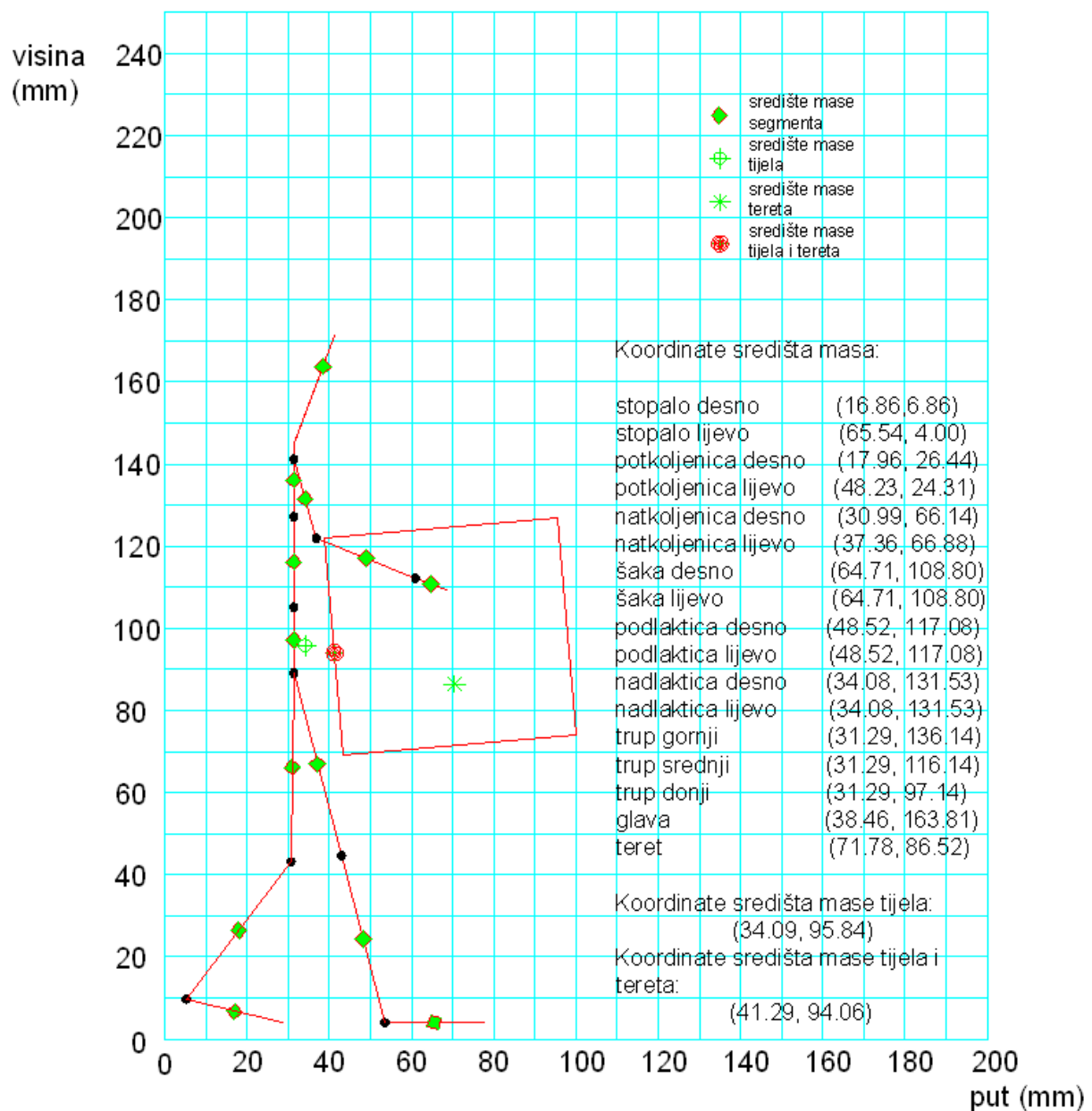
Slika 9. Velika kutija_10kg_ položaj 1



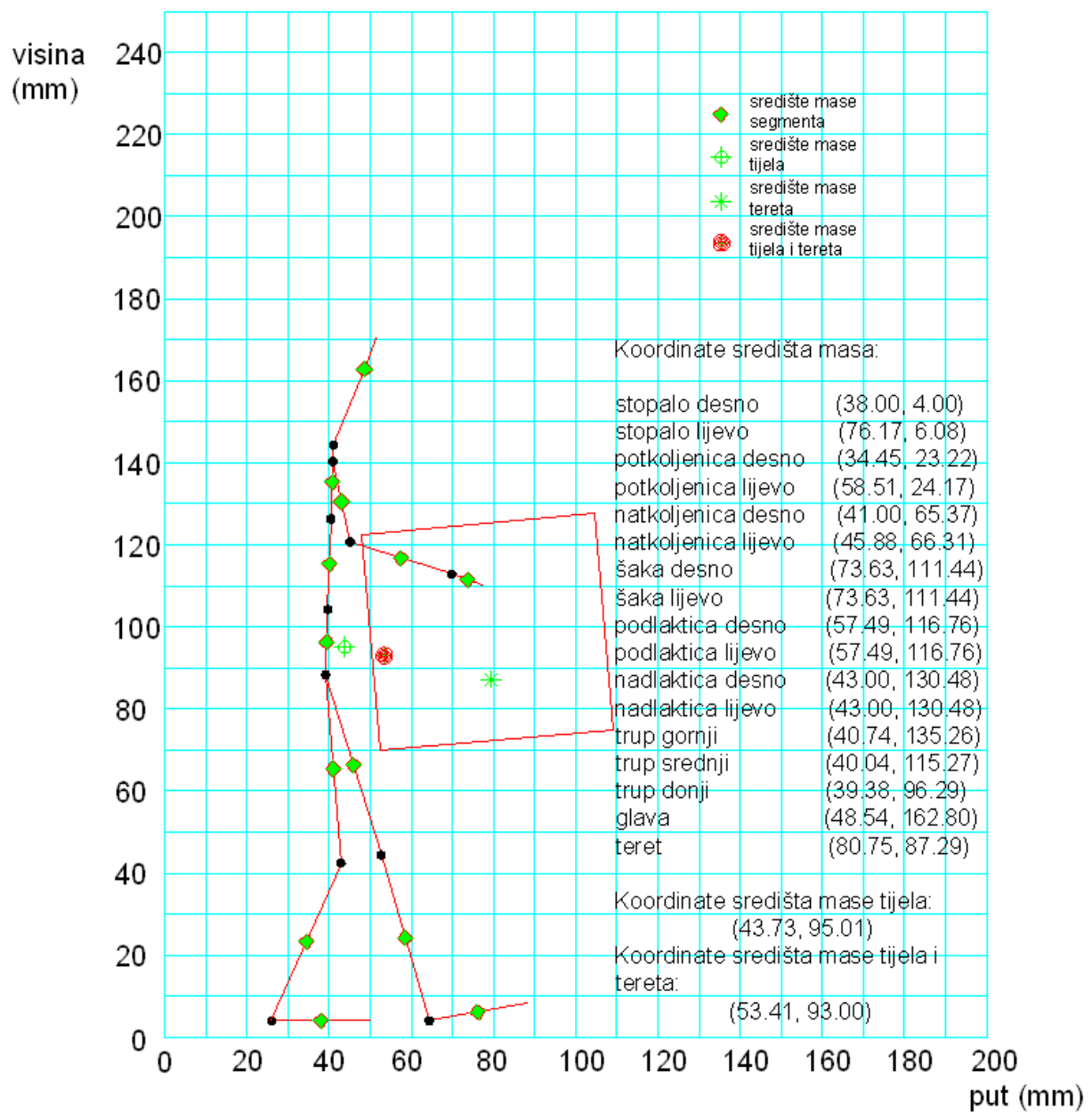
Slika 10. Velika kutija_10kg_ položaj 2



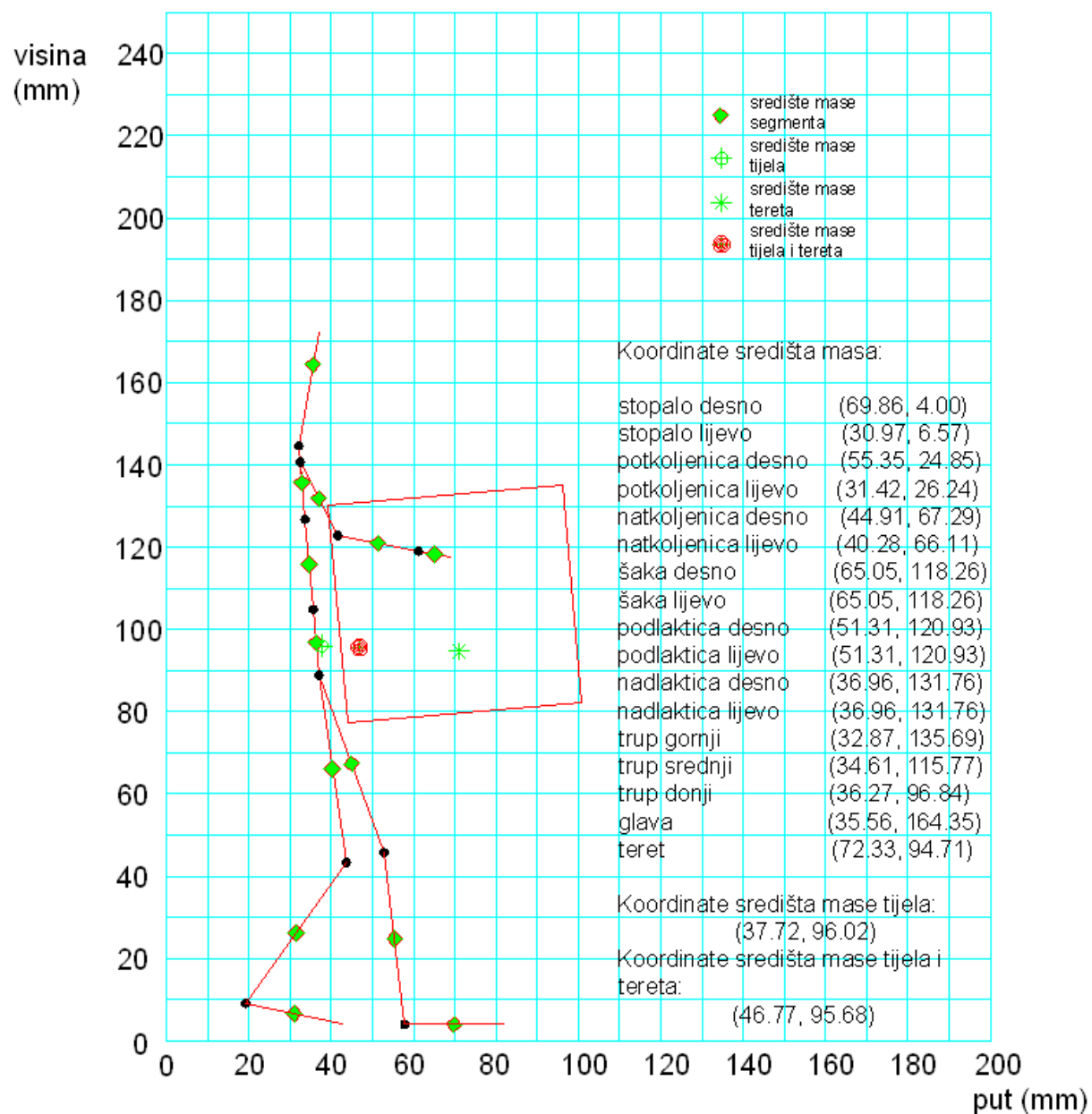
Slika 11. Velika kutija_20kg_ položaj 1



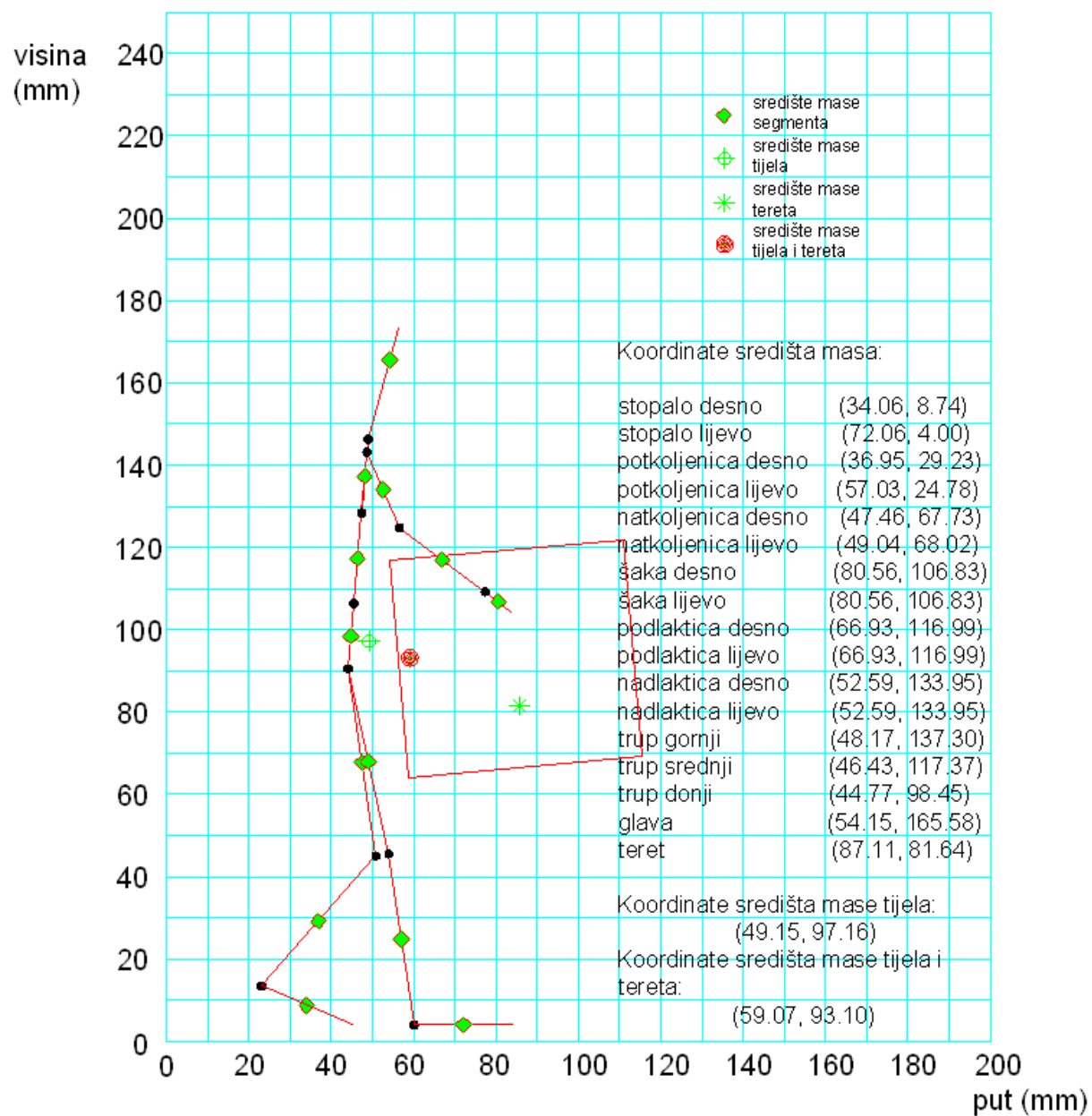
Slika 12. Velika kutija_20kg_ položaj 2



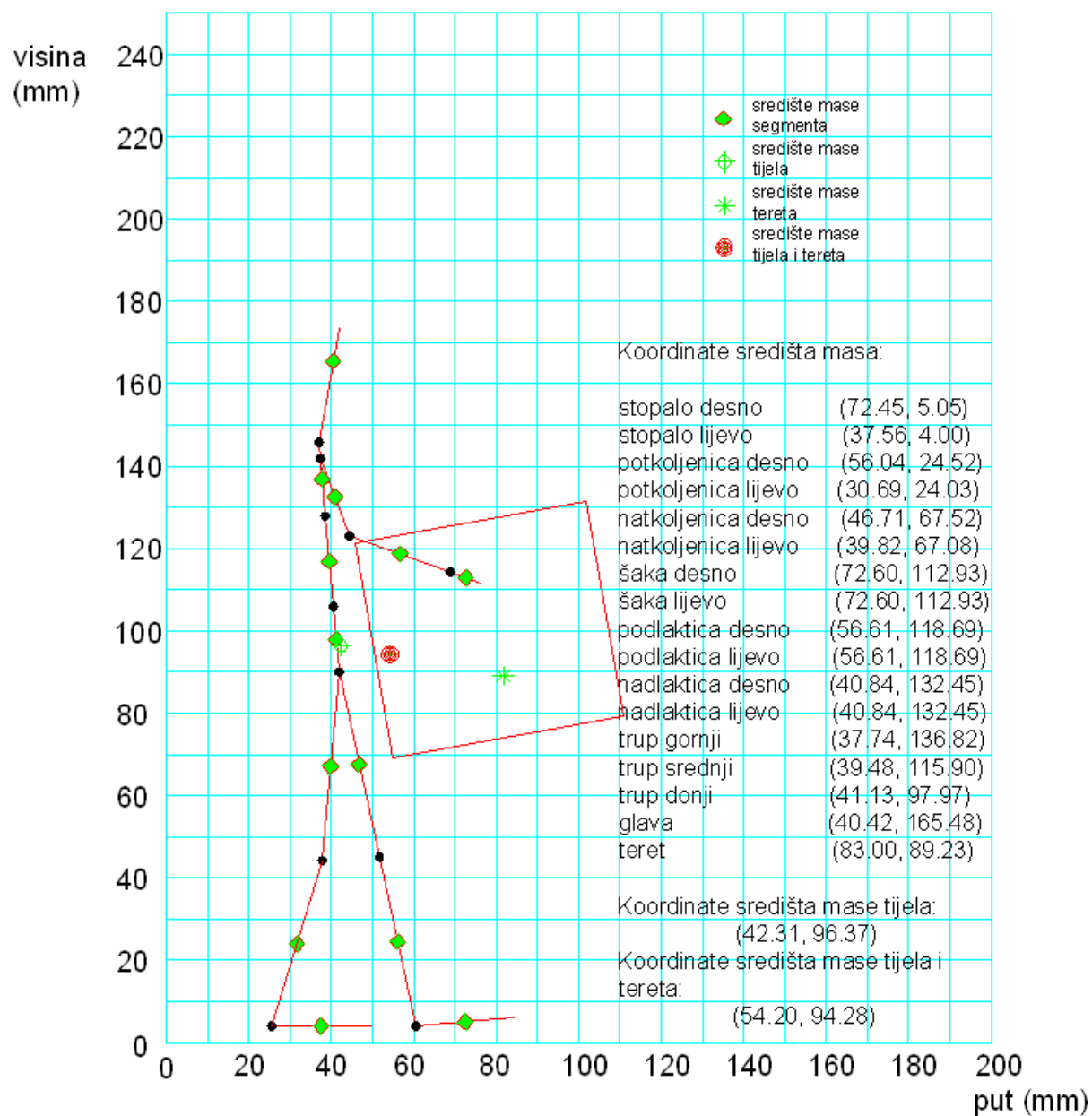
Slika 13. Velika kutija_30kg_ položaj 1



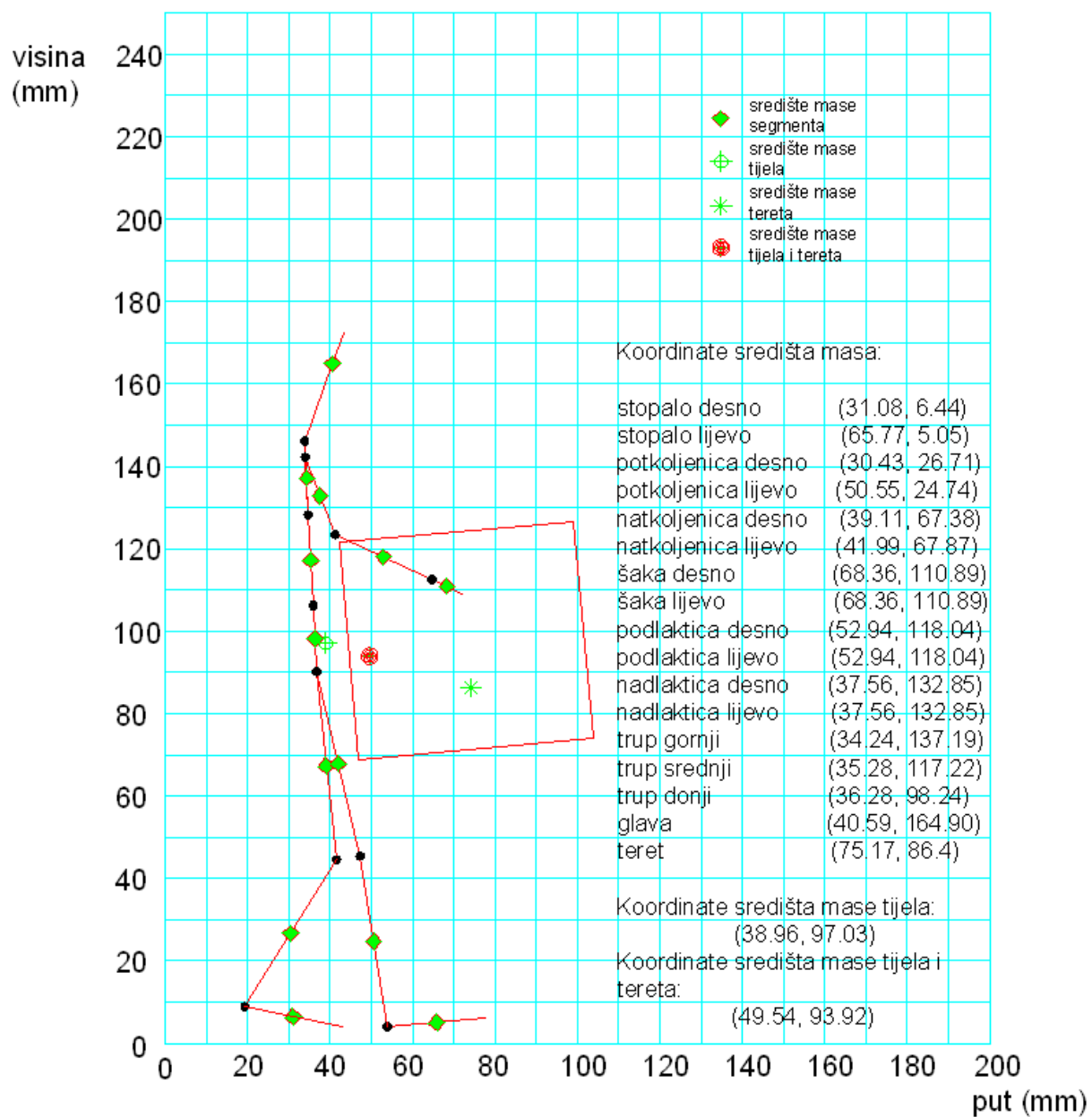
Slika 14. Velika kutija_30kg_ položaj 2



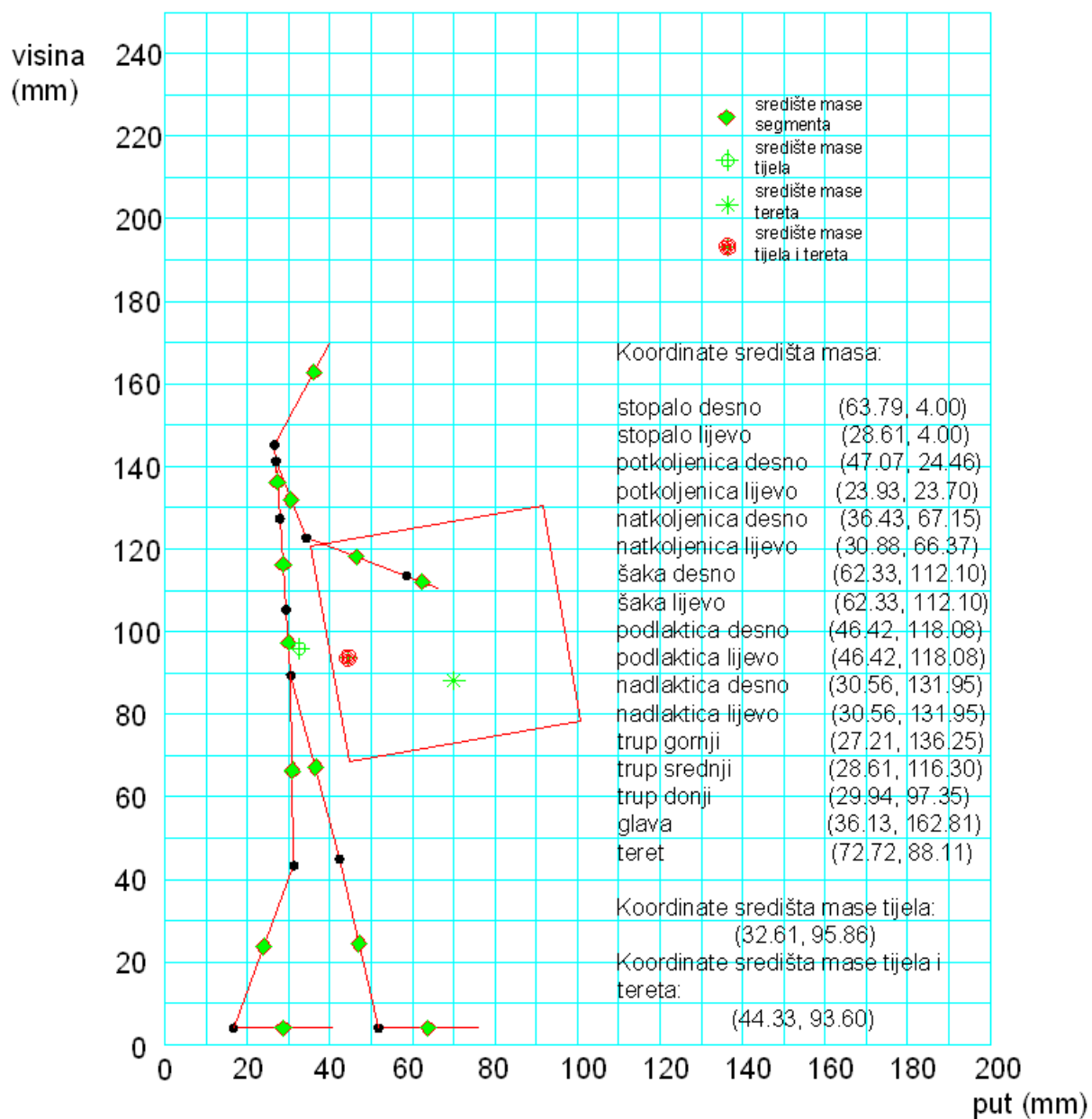
Slika 15. Velika kutija_30kg_ položaj 3



Slika 16. Velika kutija_40kg_ položaj 1



Slika 17. Velika kutija_40kg_ položaj 2



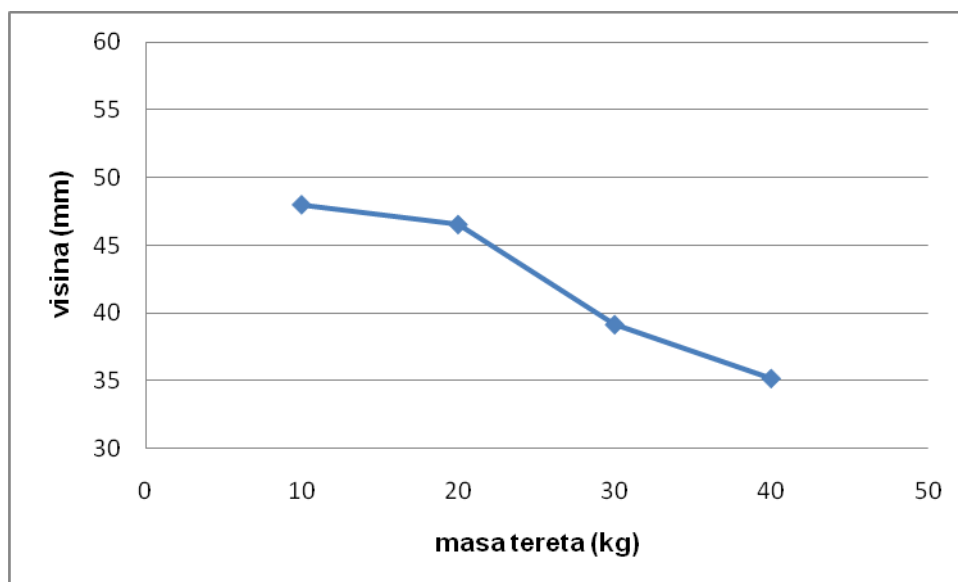
Slika 18. Velika kutija_40kg_ položaj 3

3. REZULTATI ANALIZE

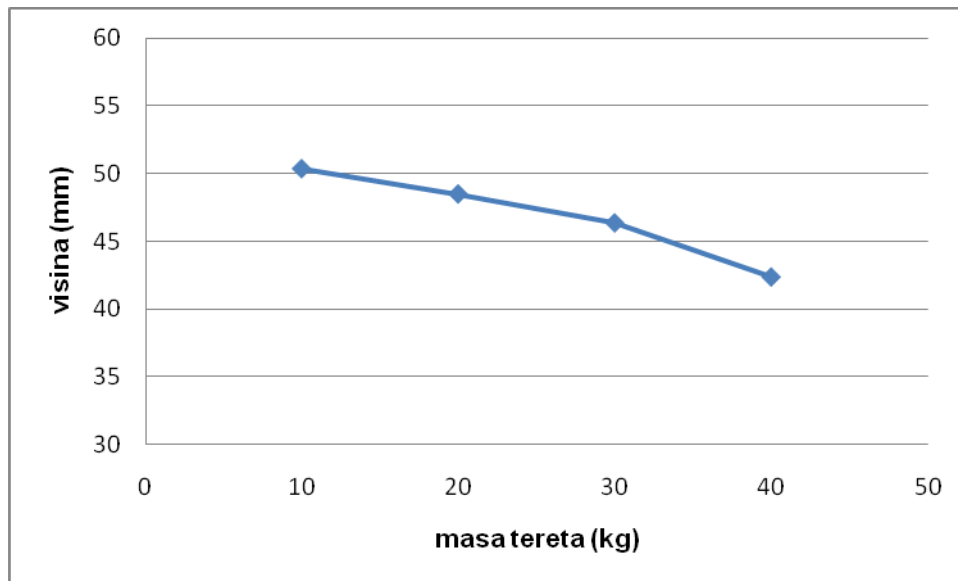
3.1. DUŽINA KORAKA U OVISNOSTI DIMENZIJA I MASA TERETA

Ljudski hod razlikuje se od čovjeka do čovjeka. Kako stil hodanja tako i dužina koraka. Dužina koraka ovisi o veličini ekstremiteta (noge) ali i ne samo o tome već i o masi čovjeka te dodanom, nošenom teretu. Očito je da će čovjek dužih nogu imati veći, duži korak. No isto tako ako pogledamo dvije osobe istih visina (približno jednake dužine nogu) a znatno različitih masa, vidljivo je i pri prvom pogledu otežano, sporije hodanje i kraći korak osobe veće tjelesne mase.

U sljedećim dijagramima na osnovi žičanog modela jednostavnim mjerenjem došao sam do podataka smanjivanja dužine koraka prilikom povećanja mase dodanog, nošenog tereta različitih dimenzija.



Dijagram 1. Dužina koraka_velika kutija



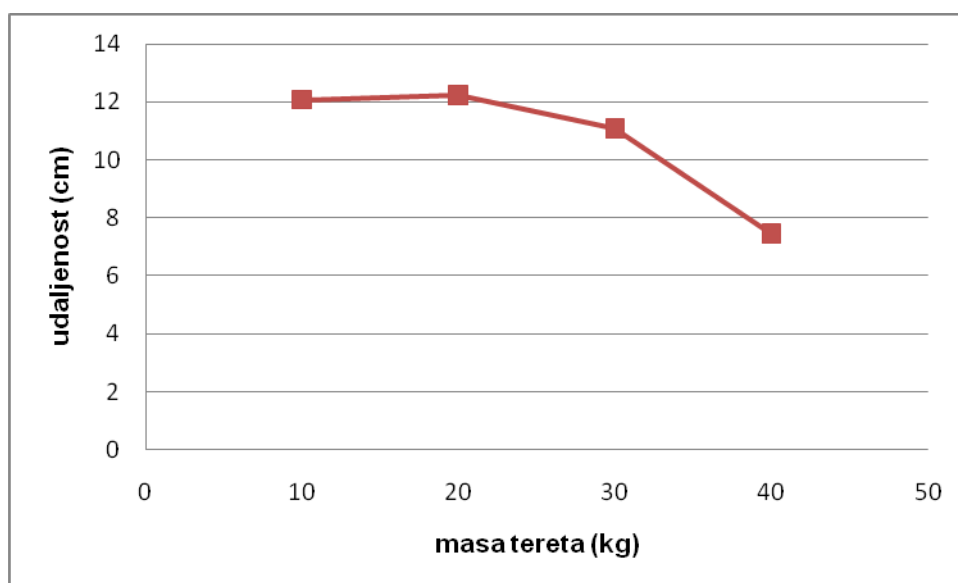
Dijagram 2. Dužina koraka_mala kutija

Iz prikazanih dijagrama vidljivo je da povećanjem mase tereta dužina koraka opada, tj. smanjuje se površina stabilnosti tijela. Postoji više razloga zašto nošenjem tereta velikih i malih dimenzija istih masa ne dobivamo iste rezultate.

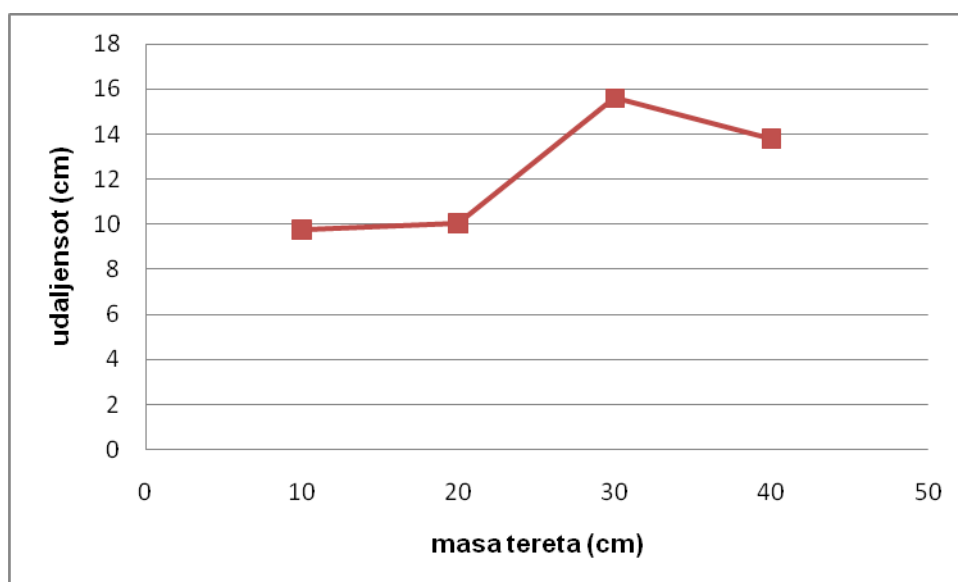
Naime, kod tereta većih dimenzija veća je udaljenost između težišta tijela čovjeka i težišta tereta, velike dimenzije onemogućuju lagan prihvrat tereta te smanjuju 'radni prostor' nogu. Zbog toga dužina koraka kod tereta velikih dimenzija smanjuje se brže nego što je slučaj kod tereta malih dimenzija.

3.2. UDALJENOST ZAJEDNIČKOG TEŽIŠTA DO PETE PREDNJE NOGE KAO OSLonCA

Na osnovi žičanog modela jednostavnim mjerenjem došao sam do sljedećih rezultata prikazanih grafičkim prikazom.



Dijagram 3. Udaljenost zajedničkog težišta do pete prednje noge kao oslonca_velika kutija



Dijagram 4. Udaljenost zajedničkog težišta do pete prednje noge kao oslonca_mala kutija

Na oba dijagrama vidljivo je da kod manjih masa tereta udaljenost zajedničkog težišta i pete ostaje gotovo nepromijenjena. Razlog tome je što tijelo nije previše opterećeno te nije potrebno zauzimati ergonomski stav dok je kod većih tereta itekako potrebno jer povećanjem mase tereta zajedničko težište tijela i tereta udaljuje se od težišta tijela te čovjeku otežava hodanje i skraćuje korak.

Prilikom nošenja tereta velikih dimenzija, kod većih masa, spomenuta udaljenost opada, tj. približavaju se točke zajedničkog težišta i pete jer se znatno smanjuje dužina koraka te povećanjem tereta zajedničko težište se približava peti prednje noge.

Kod tereta manjih dimenzija i mase 30 kg dolazi do naglog povećanja udaljenosti zbog potrebe približavanja tereta tijelu i lagane rotacije kralježnice prema nazad radi lakšeg nošenja. Daljnjim povećavanjem mase tereta ta udaljenost opada zbog smanjene dužine koraka, udaljavanja zajedničkog težišta od težišta tijela te nemogućnosti još veće rotacije kralježnice prema nazad.

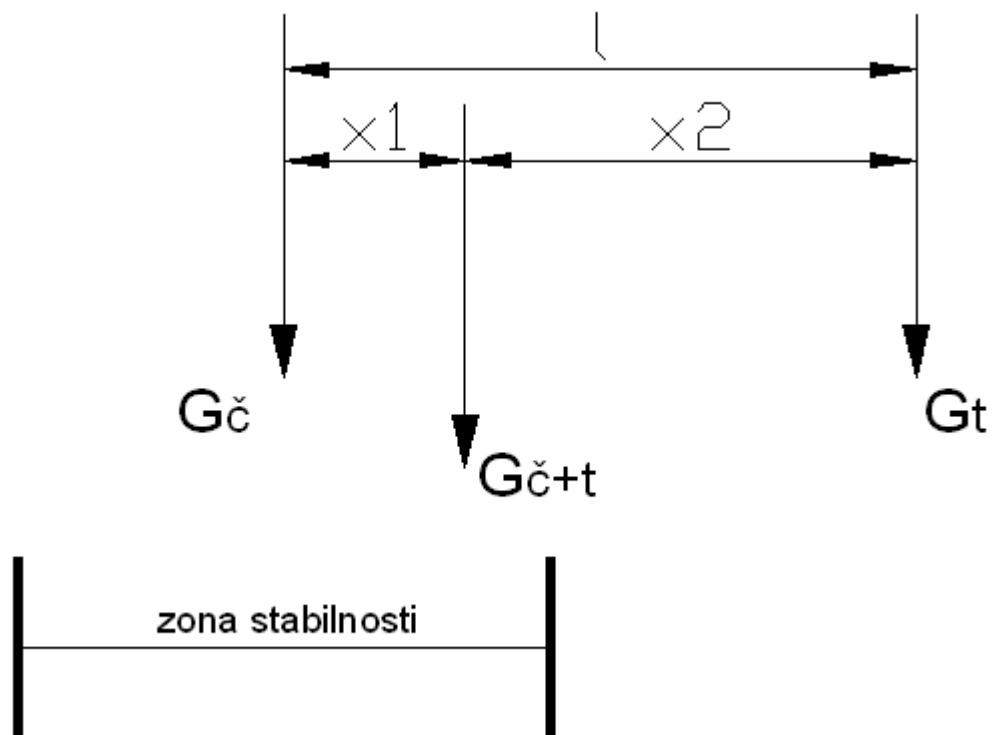
Ovom analizom, tj. mjerenjem pokušao sam prikazati kako se povećanjem mase tereta zajedničko težište tijela i tereta, za koje je neophodno da se nalazi u zoni stabilnosti, približava granici zone stabilnosti te da bi daljnjim povećanjem mase tereta spomenuto težište izašlo van granica zone stabilnosti te da više nebi bio moguć hod, tj. nošenje tereta.

Više o tome u slijedećem poglavlju.

3.3. UTVRĐIVANJE GRANIČNE MASE TERETA

Opće je poznato da nošenje tereta određene mase i dimenzija ne utječe jednako na stabilnost ljudi različite građe. Krupniji ljudi veće tjelesne mase će neki teret bez velikih naprezanja prenijeti s jednog mjesta na drugi dok će isti taj teret za niže ljude manje tjelesne mase predstavljati problem. Glavni razlog tome je udaljenost vektora težišta tereta od vektora težišta tijela gdje bitnu ulogu igraju dimenzije tereta, odnos $m_t/m_{\check{c}}$, te dužina koraka, tj. zona stabilnosti. Povećavajući omjer $m_t/m_{\check{c}}$ udaljava se vektor zajedničkog težišta tijela i tereta od vektora težišta tijela te se smanjuje zona stabilnosti. Dok se još uvijek zajedničko težište nalazi unutar zone stabilnosti možemo reći da se radi o teretu kojeg je moguće nositi.

U svojoj analizi koristio sam dvije kutije različitih dimenzija (velika kutija 57x57x53 cm, mala kutija 26x34x31 cm) te sam za svoju građu izračunao granični omjer $m_t/m_{\check{c}}$ odnosno graničnu masu tih kutija koje bih još mogao nositi.



Slika 19. Vektor rezultatne težine tijela i tereta u odnosu na ZS

$$x_1 + x_2 = l \quad (1)$$

$$G_{\check{C}} \cdot x_1 = G_T \cdot x_2 \rightarrow m_{\check{C}} \cdot g \cdot x_1 = m_t \cdot g \cdot x_2 \quad (2)$$

$$(1), (2) \rightarrow x_1 = \frac{\frac{m_t}{m_{\check{C}}} \cdot l}{\left(1 + \frac{m_t}{m_{\check{C}}}\right)} \quad (3)$$

$$\text{UVJET: } x_1 < \frac{ZS}{2}$$

VELIKA KUTIJA

Slučaj 1.

$$l = 35 \text{ cm}, m_{\check{C}} = 85 \text{ kg}, m_t = 50 \text{ kg}, \frac{ZS}{2} = 14 \text{ mm}, \frac{m_t}{m_{\check{C}}} = 0.588$$

$$(3) \rightarrow x_1 = 12.96 \text{ cm} < 14 \text{ mm} = \frac{ZS}{2}$$

Slučaj 2.

$$l = 35 \text{ cm}, m_{\check{C}} = 85 \text{ kg}, m_t = 60 \text{ kg}, \frac{ZS}{2} = 9 \text{ mm}, \frac{m_t}{m_{\check{C}}} = 0.706$$

$$(3) \rightarrow x_1 = 14.48 \text{ cm} > 9 \text{ mm} = \frac{ZS}{2}$$

MALA KUTIJA

Slučaj 1.

$$l = 24 \text{ cm}, m_{\check{C}} = 85 \text{ kg}, m_t = 50 \text{ kg}, \frac{ZS}{2} = 18 \text{ mm}, \frac{m_t}{m_{\check{C}}} = 0.588$$

$$(3) \rightarrow x_1 = 8.89 \text{ cm} < 18 \text{ mm} = \frac{ZS}{2}$$

Slučaj 2.

$$l = 24 \text{ cm}, m_{\check{C}} = 85 \text{ kg}, m_t = 60 \text{ kg}, \frac{ZS}{2} = 14 \text{ mm}, \frac{m_t}{m_{\check{C}}} = 0.706$$

$$(3) \rightarrow x_1 = 9.93 \text{ cm} < 14 \text{ mm} = \frac{ZS}{2}$$

Slučaj 3.

$$l = 24 \text{ cm}, m_{\check{C}} = 85 \text{ kg}, m_t = 70 \text{ kg}, \frac{ZS}{2} = 9 \text{ mm}, \frac{m_t}{m_{\check{C}}} = 0.824$$

$$(3) \rightarrow x_1 = 10.84 \text{ cm} > 9 \text{ mm} = \frac{ZS}{2}$$

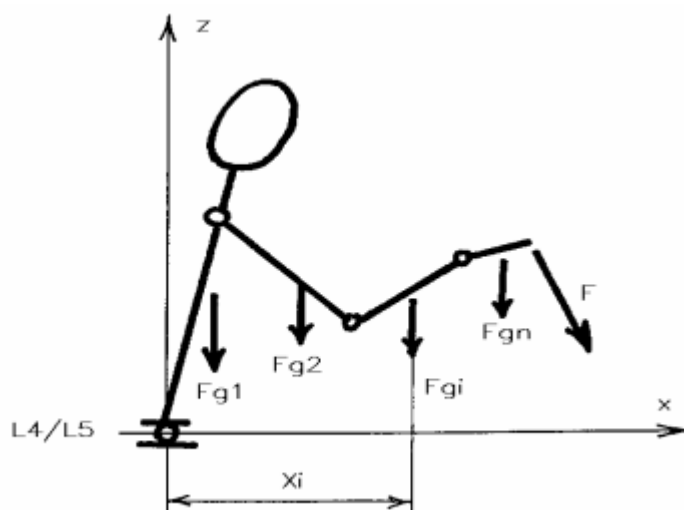
Prilikom izračunavanja granične mase , za udaljenost vektora težine tijela G_C do vektora težine tereta G_T , koristio sam podatke izmjerene iz žičanih modela prilikom nošenja maksimalnih, ispitnih masa tereta u iznosu od 40 kg. Analizu sam obavio uz pretpostavku da vektor težišta čovjeka G_C 'pada' u sredinu zone stabilnosti.

Jednostavnom analitičkom metodom došao sam do podataka da je masa tereta u iznosu od 50 kg ($m_t/m_\varepsilon = 0.588$), prilikom nošenja kutije većih dimenzija, te masa tereta u iznosu od ≈ 65 kg ($m_t/m_\varepsilon \approx 0.765$), prilikom nošenja kutije manjih dimenzija, granična masa koju ja (kao ispitni uzorak) mogu nositi, tj. da je to masa tereta kod koje još uvijek, zajedničko težište tijela i tereta ostaje u granicama zone stabilnosti.

Na osnovi dobivenih rezultata, vidljiv je utjecaj dimenzija tereta koji se najviše očituje kroz udaljenost vektora težišta tereta do vektora težišta tijela te nemogućnost 'kvalitetnog' prihvata tereta.

3.4. INTRAABDOMINALNI TLAK I LUMBALNI MOMENT

Za određivanje odgovarajuće reaktivne sile u trbušnoj šupljini definiran je tzv. lumbalni moment kojem se treba suprotstaviti trbušna preša. Modele za izračunavanje lumbalnog momenta dijelimo u dva oblika, i to: dvodimenzijske i trodimenzijske modele. Na slici 20. je prikazan dvodimenzijski model smješten u koordinatni sustav xy, u kojega je referentni položaj kralješaka L4/L5 u ishodištu O.



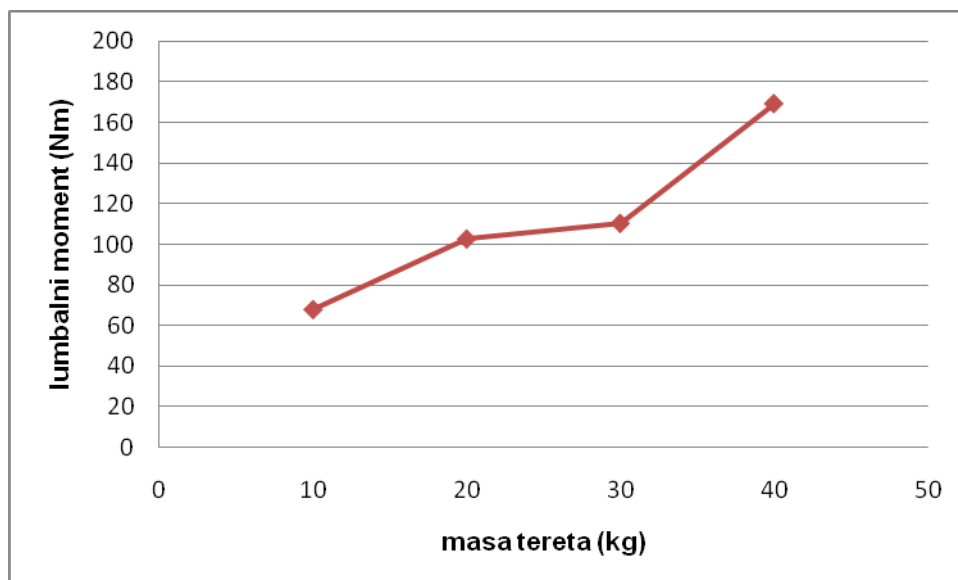
Slika 20. Dvodimenzijski model ispitanika [5]

Veličina je tog momenta definirana kao zbroj svih momenata sila od segmentalnih masa i poznatog tereta u rukama, čiji se krakovi određuju prema procijenjenoj točki položaja kralješaka L4/L5:

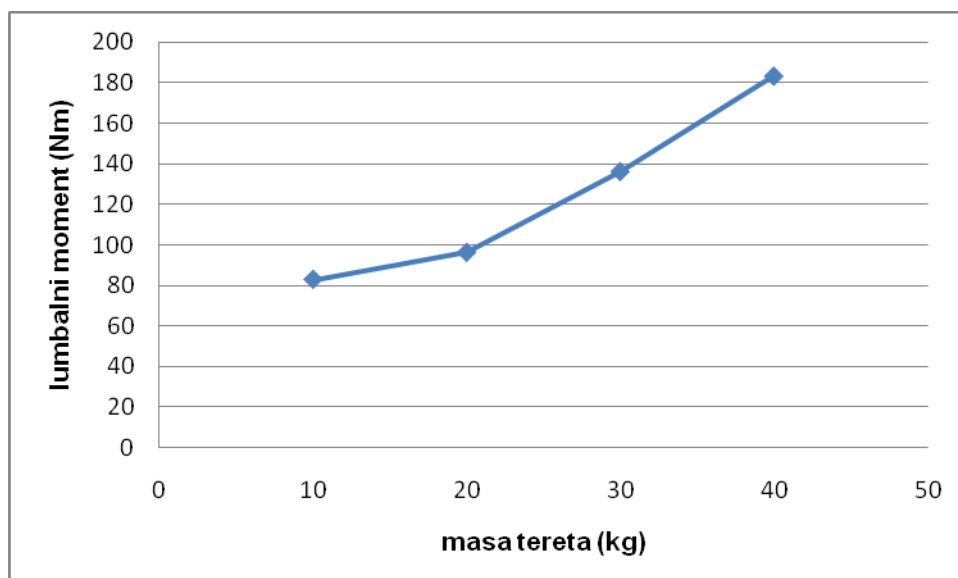
$$M_L = \sum_{i=1}^n F_i \cdot x_i, \quad \text{Nm} \quad [5]$$

odnosno lumbalna sila F_L uz pretpostavku da djeluje u težištu presjeka, tj. na $h/16$ mjereno od L4/L5

$$F_L = \frac{16M_L}{h}, \quad \text{N.} \quad [5]$$



Dijagram 5. Lumbalni moment_velika kutija



Dijagram 6. Lumbalni moment_mala kutija

Za odgovarajuće položaje tijela i za neko opće opterećenje javljaju se i odgovarajuće reakcije kako u mišićima čovjeka i njegovu koštanom sustavu, tako posebno i u trbušnom prostoru, koji reagira povećanjem ili smanjenjem unutarnjeg tlaka.

Ovaj unutarnji tlak djeluje prema gore na dijafragmu, a prema dolje na dno zdjelice, dok prema naprijed djeluje na trbušno mišićje, a na stražnju stranu na kralješnicu i lumbalne mišiće. Djelovanje sila unutarnjeg tlaka kod čovjeka koji diže teret, u kosturnom prikazu dano je na slici 21.



Slika 21. Prikaz intraabdominalnog tlaka kod čovjeka koji diže teret [4]

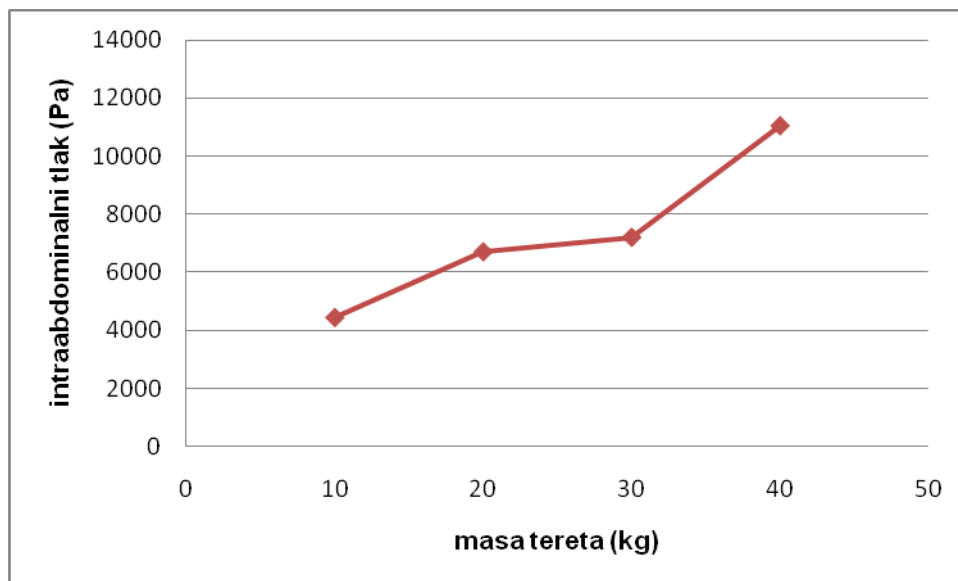
Proučavanja su pokazala da intraabdominalni (IAT) tlak raste u zavisnosti od povećanja lumbalnog momenta.

Jednadžba intraabdominalnog tlaka:

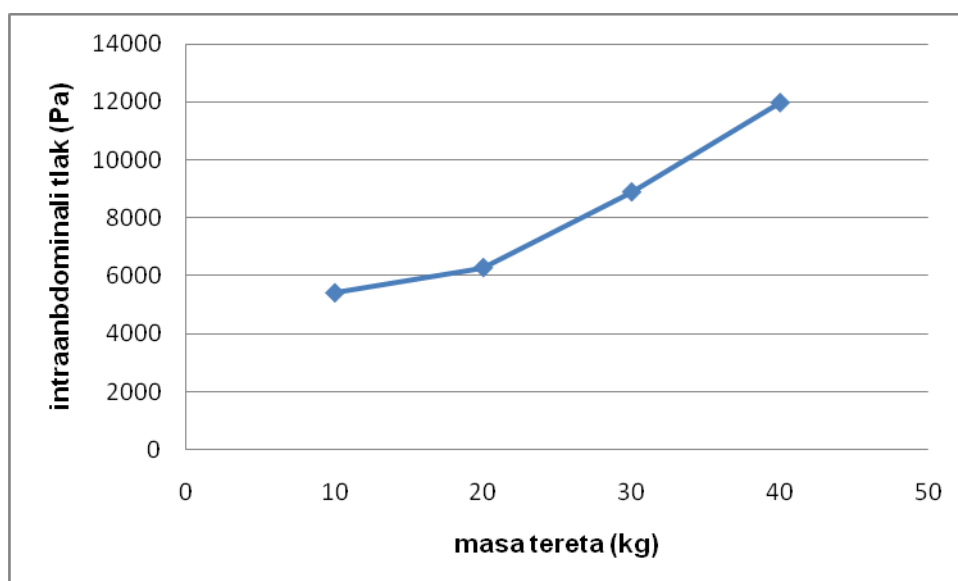
$$p_{abd} = IAT = (0,2 \div 0,3) \cdot \frac{F_L}{A} = \frac{(0,2 \div 0,3) \cdot \frac{16M_L}{h}}{(90 \div 105) \cdot 10^{-4} \cdot h^2} \quad [5]$$

odnosno

$$IAT = (350 \div 450) \cdot \frac{M_L}{h^3} \quad [5]$$



Dijagram 7. Intraabdominalni tlak_velika kutija



Dijagram 8. Intraabdominalni tlak_mala kutija

Dijagrami lumbalnih momenata i intraabdominalnih tlakova zorno nam prikazuju, povećanjem mase tereta, njihov rast. Očekivani rezultati, veći lumbalni moment i intraabdominalni tlak kod dimenzijski većih tereta, nisu postignuti, što možemo pripisati neergonomskim položajima tijela prilikom nošenja tereta manjih dimenzija. Neergonomskim pristupom nošenja tereta zapravo smo samo dodatno, nepotrebno, opteretili tijelo. Rezultate analize kod tereta većih dimenzija možemo uzeti kao stvarne, realne veličine jer je teret svojom masom i dimenzijama utjecao na ergonomski pravilan položaj tijela.

4. ZAKLJUČAK

Danas u svijetu, praktički, ne postoji posao u kojemu je manualno rukovanje teretima nepoznanica. Ono je često prisutno pri izvođenju mnogih radnih zadataka. Mnogo je slučajeva gdje dolazi do raznih povreda, npr. ozljede leđa do kojih dolazi nepravilnim, tj. neergonomskim rukovanjem.

Važnu ulogu ima teret:

1. ukoliko je pretežak, podizanje tereta mase 20–30 kg preteško je za većinu ljudi,
2. ukoliko je prevelik te se ne mogu primijeniti temeljna pravila podizanja i nošenja, tj. da se teret drži što je moguće bliže tijelu,
3. 'težak' za hvatanje, oštri rubovi i klizak materijal mogu dovesti do ispadanja te ozljeđivanja radnika,
4. neizbalansiran ili nestabilan što može dovesti do neravnomjernog opterećenja mišića i do umora,
5. nalazi se na mjestima koja se mogu teško dohvatiti,
6. oblik ili veličina tereta koji zaklanjaju pogled radniku čime se povećava opasnost od klizanja, posrtanja, padanja ili sudaranja.

Cilj moje analize je bio prikazati utjecaj mase i dimenzije tereta na čovjeka prilikom manualnog rukovanja tereta.

Povećanjem mase tereta povećava se i naprezanje u tijelu čovjeka što rezultira i povećanjem sile koju je potrebno upotrijebiti za savladavanje zadatka. Tokom analize vidljiv je utjecaj mase koja se očitava i u dužini koraka, tj. njegovom smanjenju. Važan zaključak je da je prilikom nošenja tereta, radi lakšeg prenošenja, potrebno teret što je više moguće približiti tijelu, čime zapravo približavamo zajedničko težište tijela i tereta slabinskoj kralježnici te time smanjujemo lumbalni moment a u zavisnosti s njim i intraabdominalni tlak.

Na smanjenje lumbalnog momenta moguće je utjecati nošenjem tereta malih dimenzija, primicanje tereta tijelu. Dok kod velikih dimenzija tereta (težište u sredini simetrije), dimenzije izravno utječu na udaljavanje zajedničkog težišta od slabinske kralježnice tj. na krak sile a time i na lumbalni moment.

5. LITERATURA

- [1] www.huznr.hr/dokumenti/2004_06_03_teret.pdf
- [2] www.hzzzsr.hr/news_prilozi_download.php?ID=73
- [3] <http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2005/dilber/index.htm>
- [4] www.fsb.hr/NewsUpload/23_05_2006_5454_Dokorat_Sarajko_Baksa.pdf
- [5] http://www.fsb.hr/kbioerg/Preuzimanja/Biomehanicka_Ergonomija.pdf